

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

**Návrh plavajícího robotu pro sbírání nečistot z hladiny  
venkovního bazénu**

The Desing of Floating Robot for Skimming Impurities from  
Outdoor Swimming Pool

Student:

Jan Hajný

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra robototechniky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Hajný**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R013 Robotika  
Téma: **Návrh plavajícího robota pro sbírání nečistot z hladiny venkovního bazénu**  
**The Design of Floating Robot for Skimming Impurities from Outdoor Swimming Pool**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu řešení problematiky.
2. Na základě této analýzy navrhnete možné varianty řešení a provedte jejich srovnání.
3. Vybranou variantu detailně rozpracujte.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vyučujícího).

Seznam doporučené odborné literatury:

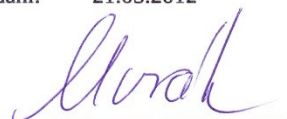
- [1] Kárník, L., Knoflíček, R., Marcinčin, J. N. *Mobilní roboty*. Opava: MÁRFY SLEZSKO, 2000. 210 s. ISBN 80-902746-2-5.
- [2] Schraft, R.F., Volz, H. *Serviceroboter*. Springer – Verlag, Berlin, 1996.
- [3] Kárník, L. *Robotizace v nestrojírenských oborech*. VŠB-TUO, Ostrava, 2000, 66 s. ISBN 80-7078-739-2.
- [4] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [5] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Mihola**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2012

Jan Rajný  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě

21.5.2012

Jan Hajný

Plné jméno studenta

Luční 329/1,

Hlučín – Darkovičky 748 01

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hajný, Jan. *Návrh plavajícího robotu pro sbírání nečistot z hladiny venkovního bazénu*. Ostrava 2012. 72 s. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky

Vedoucí práce: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem plavajícího robotu na čištění venkovního bazénu. Součástí práce je rozbor současného stavu problematiky. Na základě této analýzy jsou navrženy varianty řešení s volbou optimální varianty. Vybraná varianta je dále rozpracována v CAD systému Creo. Jsou provedeny některé kontrolní výpočty pro ověření funkčnosti. V závěru práce je shrnutí dosažených výsledků. Podrobná výkresová dokumentace je součástí přílohy této práce. Na přiloženém CD se nachází kompletní 3D model robotu.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Hajný, Jan. *The Desing of Floating Robot for Skimming Impurities from Outdoor Swimming Pool*. Ostrava 2012. 72 p. Bachelor Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics

Thesis head: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

This project deals with the design proposal of floating robot for cleaning the outdoor Swimming Pool. The part of the project is to analyze current state of this issue. Based on this analysis, possible solutions are designed with the choice of optimal solutions. The chosen option is further developed in CAD of the Creo system. There are some calculations for verification of functionality control. In a conclusion there is a summary of the achieved results. Detailed drawings are concluded in the Appendix of this project. There is a complete 3D model of the robot in the attached CD.

# Obsah

Seznam použitého značení .....	8
1 Úvod .....	9
2 Analýza současného stavu .....	10
2.1 Typy zahradních bazénů .....	10
2.1.1 Montované bazény .....	10
2.1.2 Plastové bazény .....	11
2.1.3 Fóliové bazény DLW .....	12
2.1.4 Sklolaminátové bazény .....	13
2.1.5 Keramické kompozitní bazény .....	14
2.2 Tvary bazénů .....	14
2.2.1 Základní tvary bazénů .....	15
2.3 Rozměry bazénu .....	16
2.4 Čištění a údržba zahradních bazénů .....	16
2.4.1 Písková filtrace .....	17
2.4.2 Kartušová filtrace .....	18
2.4.3 Skimmer (hladinový odsávač) .....	19
2.4.4 Ruční bazénové vysavače .....	20
2.4.5 Automatické bazénové vysavače .....	21
2.4.6 UVC lampa .....	22
2.5 Přehled plavajících robotů na čištění zahradních bazénů .....	22
2.5.1 Čistící robot Solar Breeze .....	22
2.5.2 RC robot Jet Net .....	25
2.6 Roboty na odstraňování ropných havárií .....	27
2.6.1 Seaswarm .....	27
2.6.2 Produkty firmy Lamor .....	28

2.7	Závěr vyplývající z rešerše .....	33
3	Požadavkový list .....	35
4	Varianty řešení .....	36
4.1	Varianta A - lopatková kolo (kolesa) .....	36
4.2	Varianta B - lodní šroub .....	37
4.3	Varianta C - vodní tryska.....	39
5	Hodnotová analýza.....	42
5.1	Konečné hodnocení: .....	44
6	Popis navržené varianty .....	45
6.1	Plastový rám a krytování robotu.....	46
6.2	Sběrný koš .....	48
6.3	Pohon .....	49
6.4	Motor .....	51
6.5	Baterie a napájecí zařízení .....	53
6.6	Řídicí a senzorický systém .....	55
6.7	Servisní požadavky, pokyny pro používání.....	57
6.8	Osazení robotu solárním panelem .....	58
7	Ověření návrhu vybraných parametrů.....	59
7.1	Ponor robotu .....	59
7.2	Určení těžiště .....	61
8	Ekonomické zhodnocení .....	63
9	Závěr a zhodnocení dosažených výsledků .....	65
10	Seznam použitých zdrojů .....	68
11	Seznam příloh.....	72

## Seznam použitého značení

Značka	Jednotka	Význam
$F_g$	[N]	Tíhová síla
$F_{vz}$	[N]	Vztlačková síla
$g$	[m/s <sup>-2</sup> ]	Gravitační zrychlení
$M$	[kg]	Hmotnost robotu
$V$	[m <sup>3</sup> ]	Celkový objem tělesa
$V_p$	[m <sup>3</sup> ]	Objem tělesa ponořeného
$V_{p'}$	[m <sup>3</sup> ]	Navrhovaný objem tělesa ponořeného
$\rho_k$	[m <sup>3</sup> /kg]	Hustota kapaliny
$\rho_t$	[m <sup>3</sup> /kg]	Hustota tělesa



# 1 Úvod

V dnešní přetechnizované době jsou servisní roboty stále častěji k vidění v běžném životě. Vysávají podlahy, pomáhají nemocným, převážejí těžké předměty nebo třeba jen zpříjemňují život svým majitelům zábavou. Této expanzi značně napomohl vývoj nových technologií a velký rozmach v oblasti elektrotechniky. Elektronika pronikla i do těch nejzazších oblastí a výrobci chrlí velké množství nejrozličnějších produktů na trh. Jednou z oblastí kde servisní roboty ulehčují člověku práci je i bazénový průmysl. Ovšem už při prvním poohlédnutí se za plavajícími roboty pro sbírání nečistot na hladině je jasné, že trh disponuje malou nabídkou. Daleko častěji se výrobci zaměřují na konstrukce robotů, které dovedou účinně čistit stěny i dno bazénu. V případě plavajících čistících robotů kladou výrobci důraz především na nezávislost obsluhy, nízkou váhu a logicky na nízkou cenu. Výhodou těchto robotů je, že seberou nečistotu ještě před tím, než klesne na dno a začne se rozkládat a poskytovat tak úrodnou půdu pro množení bakterií a sinic. Další důvod, proč si takovýto robot pořídit, je úspora nákladů na nákup drahého filtračního zařízení.

Cílem této práce je analyzovat současný stav problematiky kolem bazénů a technologie čištění sběrem na hladině. Na základě této analýzy pak sestavit požadavkový list. S těmito požadavky navrhnout varianty řešení a vybrat tu nejlepší. Tuto pak detailně rozpracovat a pokusit se o jednoduché a funkční řešení dané úlohy s důrazem na bezpečnost.

## 2 Analýza současného stavu

Rešerše byla zaměřena na zahradní bazény, způsoby čištění a filtrace vody v bazénech. Jedna z kapitol je věnována základním typům zahradních bazénů a další se zabývá ideálními rozměry pro bazén. V závěru jsou uvedeny příklady technologií plavajících robotů určené pro řešený typ úlohy.

### 2.1 Typy zahradních bazénů

U zahradních bazénů byla snaha o jejich přehledné rozdělení se zaměřením na technologii stavby. Zhodnoceny byly jejich výhody a nevýhody, cena a životnost. Následující kapitola je věnována základním tvarům zahradních bazénů.

#### 2.1.1 Montované bazény

Montované bazény (obr. 1) jsou sestaveny tak, že jejich plášť tvoří pás válcované oceli, který je na obou koncích sešroubován dohromady. Tato konstrukce je vyztužena stojkami a vzpěrami pro zachování jejího tvaru. Celá ocelová konstrukce je zároveň pozinkována a opatřena antikoročním nátěrem s vnější plastovou vrstvou. Životnost ocelové konstrukce je minimálně 25 let. Každý typ bazénu se odlišuje tloušťkou a tvarem použitých ocelových komponentů. Na vnitřní stranu bazénu je použita měkčená PVC fólie. Fólie je odolná proti UV záření a odolává působení plísní. Vrchní krycí lišta bazénu je obvykle vyrobena z PVC. K bazénům je možné připojit veškeré bazénové příslušenství, jako jsou např. bazénová světla, bazénový protiproud atd. Konstrukce včetně fólie jsou mrazuvzdorné, na zimu tedy není nutné je rozebírat či vypouštět. Montované bazény se musí instalovat na betonovou základní desku. Výhodou těchto bazénů je snadná výměna opotřebované fólie a příznivá pořizovací cena. [1]

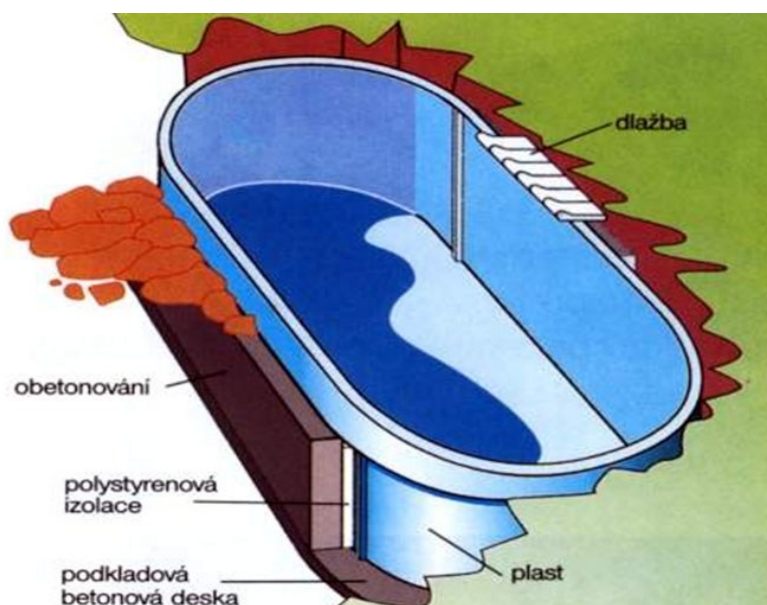


*Obr. 1*

### **2.1.2 Plastové bazény**

Mezi nejúspěšnější zahradní bazény na našem trhu se řadí plastové bazény (obr. 2). Tyto bazény se vyrábějí svařováním polypropylenových desek o síle 5 - 8 mm, dle velikosti bazénu. Pláště a dno plastových bazénů se svařují polyfúzně\* a ke dnu jsou připevněny pomocí extruderu. Plastové bazény jsou po celém obvodu vyztužené žebrovaním. Bazény jsou nejčastěji vyráběny ve tvaru kruh, ovál, nebo obdélník se zaoblenými rohy. Dále se do bazénu může zabudovat schodiště (vnější, vnitřní), světla, protiproud atd. Někdy se také bazén izoluje po obvodu polystyrenovými deskami. Tato izolace se doporučuje vzhledem k zmenšení tepelných ztrát. Bazény se instalují na armovanou základovou desku a jsou určeny výhradně k úplnému zapuštění do země. Předností těchto bazénů je výhodná pořizovací cena a možnost výroby různých tvarů a velikostí. [1]

\*Princip polyfúzního svařování je v tom, že se oba svařované materiály nahřejí na svařovací teplotu speciální polyfúzní svářečkou. Koncipována je jako automat řídící celý proces svařování, takže zaručuje dobrý vzhled spoje. Vzniká tak vysoce kvalitní homogenní spoj, tvořený pouze vlastním materiálem svařovaných prvků. [2]



Obr. 2

### 2.1.3 Fóliové bazény DLW

Jednou z velkých výhod fóliových bazénů (obr. 4) je jejich pružnost výroby a montáže do nejrůznějších tvarů. Stavební přípravy pro bazény DLW (obr. 4) vyžadují rovnou železobetonovou základní desku a bedněné stěny. Místo bednění lze použít betonové tvarovky nebo polystyrenové tvárnice, ale i tyto musí být vyztuženy ocelí a vyplněny betonem. Výhodou je vytvoření bazénu, který má rozměr, tvar, hloubku a schodiště přesně podle přání zákazníka. Je tedy možné mít bazén o dvou různých hloubkách současně nebo třeba libovolně zaoblené stěny. Vnitřní povrch je vyvařen fólií DLW o síle 1,5 mm. Bazénová fólie se natáhne na speciální podkladovou textilií. Jednotlivé pásy se k sobě svaří horkým vzduchem a zalijí se speciální hmotou tak, aby vznikl zcela homogenní absolutně nepropustný hladký povrch. Nejčastěji používaná bazénová fólie ALKORPLAN má navíc speciální akrylátovou vrstvu, zabraňující ulpívání nečistot na povrchu fólie. Fólie je navíc navržena tak, že odolává UV záření, takže je stálobarevná. Snadným způsobem lze také provádět i případné opravy při mechanickém poškození. Nevýhodou je náročnější stavební příprava. V případě vlastní výstavby bazénu provede odborná firma pouze vyvaření bazénu bazénovou fólií a připojení bazénového příslušenství. [1]



Obr. 3



Obr. 4

#### 2.1.4 Sklolaminátové bazény

Sklolaminátové bazény (obr. 5) jsou vyráběny z polyesterové pryskyřice vyztužené skelným vláknem. Tento materiál je známý pod pojmem laminát nebo sklolaminát. Můžeme se tedy setkat s názvy sklolaminátové bazény i laminátové bazény. Sklolaminátové bazény mají dokonalou pevnost a hladkost povrchu, jelikož se vyrábějí jako jediný monolitický kus bez jakýchkoliv spár po lepení či svařování. Sklolaminát má ve srovnání s plasty nebo fóliemi mnohonásobně vyšší životnost, neoxiduje, nekřehne, je tepelně a tvarově stálý a velmi odolný proti mechanickému poškození. Konstrukce bazénů a jejich povrchová úprava umožňuje ponechat vodu v bazénech celoročně, bez obav z poškození mrazem. Bazény mohou být opatřeny polyuretanovou izolační vrstvou, která zajistí maximální pevnost, ale především výborné tepelně izolační vlastnosti, díky nimž jsou velmi malé tepelné ztráty. Velký důraz kladou výrobci na atraktivní vzhled. Bazény se instalují na železobetonovou základovou desku a jsou určeny pouze k úplnému zapuštění do země. Vzhledem k vysoké kvalitě a dlouhé životnosti patří sklolaminátové bazény mezi nejlepší na našem trhu a proto

je na tyto zahradní bazény mnohdy výrobci poskytována dlouholetá záruka. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a omezená nabídka tvarů a velikostí. [1]



*Obr. 5*

### **2.1.5 Keramické kompozitní bazény**

Keramické kompozitní bazény (obr. 7) patří díky své technologii mezi absolutní špičku na trhu. Jsou vyráběny jako monolit (obr. 6), mají speciální sendvičové jádro z keramiky, které zajišťuje výbornou izolaci a zároveň zabraňuje jakékoli deformaci. Navíc jedinečná povrchová úprava Crystite chrání proti UV záření. Keramické kompozitní bazény disponují enormní životností a mají stále luxusní vzhled. Všechny tyto výhody jsou vykoupeny vysokou pořizovací cenou. [1]



*Obr. 6*



*Obr. 7*

## **2.2 Tvary bazénů**

Odvíjí se od vybraného typu bazénu, prostoru, plánovaných doplňkových technologií, vodních atrakcí, protiproudu apod. Při volbě tvaru bazénu je nutné předem určit všechny



doplňky a technologie, které budou na bazénu instalovány. Pro výrobce bazénů není problém vyrobit jakýkoli tvar. U větších dodavatelů většinou nalezneme několik typizovaných řad, popřípadě ještě rozmnožené o různé velikosti těchto tvarů. Na našem trhu se nejčastěji setkáváme se základními geometrickými tvary a variacemi vzniklými jejich průnikem či protažením. Kombinace různých křivek se uplatňují především u betonových bazénů, protože v jejich případě lze libovolně tvarovat dno a připojovat různé doplňky. Standardní čtyřúhelné tvary bazénu dnes stále častěji nahrazují stavby nepravidelné, oblé nebo s ostrými úhly. Jsou ovšem finančně náročnější a mají také řadu dalších nevýhod, jimiž ztěžují jejich využití: obtížněji se vyhřívají, protože při nestandardních a asymetrických tvarech se prohřátá voda se studenou směšuje méně rovnoměrně a tudíž pomaleji. To samé se dá říci i o filtraci a cirkulaci vody. [13]

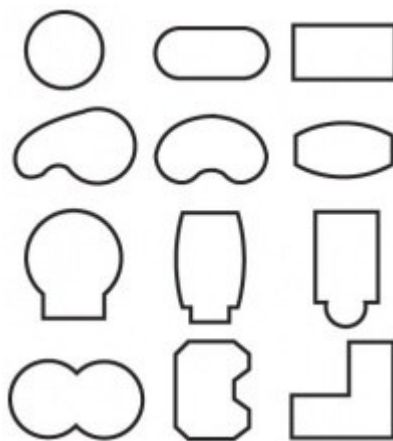
### 2.2.1 Základní tvary bazénů

**Obdélníkové bazény:** Původně nejrozšířenější tvar bazénu, kterému nelze upřít funkční eleganci klasického tvaru. Tyto typy jsou dodnes žádané ať už pro svoje spotřebitelské vlastnosti, nebo pro svůj architektonický vzhled, navazující na tradiční architektonické prvky našeho okolí (vliv a projevy funkcionalismu apod.).

**Oválné bazény:** V dnešní době asi nejvyhledávanější, nejdoporučovanější a cenově nejdostupnější typ bazénu. Jeho pravidelný tvar zaručuje ideální cirkulaci a optimální čištění vody v bazénu.

**Kruhové bazény:** Kruhové bazény se uplatňují zejména jako rekreační, kde hlavním účelem je osvěžení a další společenské využití. V kruhovém bazénu dochází k rovnoměrnému rozložení tlaku vody. Proto se nadzemní bazény bez vzpěr dělají právě kruhového tvaru. Nevýhodou je malý prostor k plavání.

**Atypické bazény:** Pod tento typ bazénů řadíme tvary, jako jsou „osmička“, „ledvina“ a další. Vyhovují zákazníkům, kteří mají nestandardní nebo omezené prostorové možnosti umístění, ale i těm, kteří mají speciální požadavky na estetický vzhled a další funkční vlastnosti bazénu. [13]



*Obr. 8 – Základní tvary bazénů*

## 2.3 Rozměry bazénu

Pokud je bazén určený především pro plavání, je důležitá délka a celková plocha vodní hladiny. Plavat se dá s protiproudem i ve čtyřmetrovém bazénu, ale ani prodejci, ani výrobci to příliš nedoporučují. Dostačující rozměry jsou 6 x 3 metry. Ideální rozměr pro plavání je 5 x 10 m. Ideální hloubka je zhruba 1,3 m. Při potápění či skákání, pak bazén musí být na jednom konci hlubší tj. alespoň 2 m. [13]

## 2.4 Čištění a údržba zahradních bazénů

Ať už budeme mít jakýkoli typ zahradního bazénu, musíme mít na paměti, že filtrační systém je nezbytná část každého bazénu. Zvláště pak, za horkých letních dnů, kdy vzniká ideální prostředí pro množení řas, sinic apod. Proto jsou k dostání na trhu nejrůznější prostředky, které zajišťují, aby byla voda v bazénu čistá. Základní rozdělení čištění vody by se dalo specifikovat takto:

- **Čištění mechanické**
- **Čištění chemické (desinfekce vody)**

Princip mechanické filtrace je jednoduchý, filtrační agregát odplaví pevné částice a tím odebere z vody živiny poskytující potravu pro mikroorganismy. U mechanického způsobu používáme soupravu zajišťující průtok vody přes samotnou filtrační jednotku, kde se zachytí



pevné části nečistot nebo se zde zahubí všechny bakterie rozptýlené ve vodě. Takto očištěná voda je vháněna zpět do bazénu.

Při chemickém čištění se používají nejrůznější poznatky z oboru chemie napomáhající udržovat vodu v dobré kondici. Úkolem je zabránit kalení a zastavit množení mikroorganismů. Nejpoužívanějším prvkem při tomto způsobu čištění je chlór, který se rozpouští ve vodě. Z technického hlediska není tento způsob příliš zajímavý, proto mu nebude věnována přílišná pozornost. [3]

### 2.4.1 Písková filtrace

Nejčastěji používaným zařízením pro mechanické čištění zahradních bazénů je písková filtrace (obr. 10). Pro výkon filtračního zařízení je rozhodujícím hlediskem objem bazénu viz tab. 2.1. Vlastní čištění vody závisí na výkonu filtračního zařízení, době filtrování a systému cirkulace. Filtrační zařízení se skládá z čerpadla s předřadným filtrem, který zachytává především hrubé nečistoty a nádoby na filtrační písek, v němž se zachycují nejjemnější částice nečistot.

Pískové filtrační zařízení je většinou osazeno tlakoměrem, stoupne-li tlak o 0,2 - 0,3 baru, je třeba provést zpětný proplach. Zpětným čištěním se vyplavují částice nečistot usazující se mezi pískovými zrny, písek se uvolňuje a zabráňuje se tak tvoření krust a ulpívání vyplavených látek (např. solí). Právě pravidelné propírání filtračního písku je nezbytnou podmínkou správného fungování filtračního zařízení. [3]



Obr. 9 – Průřez filtrací

Dimenzování pískové filtrace			
Objem bazénu	Výkon elektromotoru	Průtok	Hmotnost pískové náplně
30 m <sup>3</sup>	400 W	cca 6 m <sup>3</sup> /h	50 kg
75 m <sup>3</sup>	820 W	9-10 m <sup>3</sup> /h	100 kg
100 m <sup>3</sup>	1500 W	16-22 m <sup>3</sup> /h	300 kg

Tab. 2.1 – Dimenzování pískové filtrace



Obr. 10

### 2.4.2 Kartušová filtrace

Kartušové bazénové filtrace (obr. 13) slouží k zachycení nečistot obsažených ve vodě. Bazénová voda prochází přes kartušovou papírovou filtrační vložku (válec papíru vrstveného do kruhu v podobě „harmoniky“), ve které se mechanické nečistoty zachycují a čistá voda se vrací do bazénu. Filtrace se skládá z výměnné kartušové filtrační vložky a čerpadla. Filtrační vložku je nutné několikrát týdně vyjmout a proprat tlakem vody. Pro dosažení kvalitní filtrace je třeba několikrát (závisí na zatížení bazénu) za sezonu vložku vyměnit za novou. Obecně platí že kartušová filtrace je vhodná pro menší nadzemní bazény. [5]

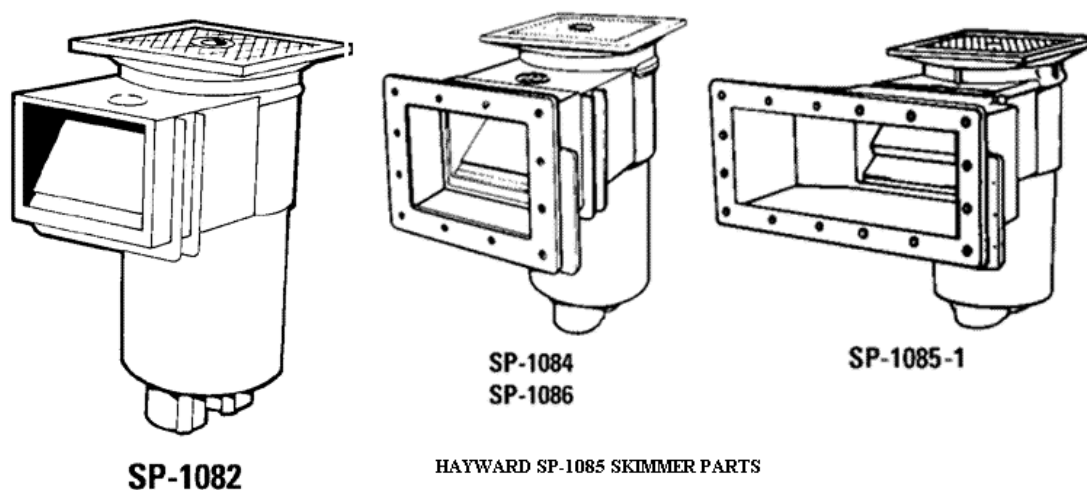


*Obr. 13*

### **2.4.3 Skimmer (hladinový odsávač)**

Hladinový odsávač neboli skimmer (obr. 12) slouží k odstranění nečistot plovoucích na hladině (listí, tráva, prach nebo pyl), dříve než stačí nasáknout a klesnout na dno, kde je odstranění nečistot složitější. Voda z hladiny je do skimmeru nasávána vírem způsobeným čerpadlem. Nečistoty jsou pak zachyceny ve filtračním koši. Při jeho výběru je určujícím parametrem plocha vodní hladiny.

Díky tomu, že většina skimmerů již v sobě obsahuje filtrační koš s relativně hrubými otvory, nezanáší se filtrační materiály uvnitř filtrů listím či zbytky odumřelých vodních rostlin. Toto přispívá k lepšímu a efektivnějšímu fungování filtrace jako takové. Zpětnému vracení nečistot do bazénu zabraňuje klapka. Správně instalovaný skimmer by měl být dobře přístupný, umístěný na návětrné straně nádrže tak, aby umožnil snadné čištění filtračního koše skimmeru. Pro správně fungující skimmer je samozřejmě důležité výkonné filtrační čerpadlo. [4]



*Obr. 11 – Některé typy hladinových odsávačů*



*Obr. 12*

#### **2.4.4 Ruční bazénové vysavače**

Ruční bazénový vysavač (obr. 16) je doplňkem pro odstranění mechanických nečistot z bazénu. Je to levná varianta především pro menší bazény. Ruční vysavač do bazénu se skládá z teleskopické tyče, samotného bazénového vysavače a bazénové hadice potřebné délky. Jeden konec bazénové hadice se spojí s bazénovým vysavačem, druhý konec bazénové hadice se nasadí na sací trysku v bazénu. Při zapnutém filtračním zařízení se pomocí teleskopické tyče vodí bazénový vysavač po dně a stěnách bazénu, čímž se vytvoří "pohyblivé sání". Odsáté nečistoty se zachytí ve filtračním zařízení, odkud mohou být pomocí zpětného proplachu odplaveny, popř. mohou být odsáty přímo do odpadu. Jiný typ je určen pro uživatele, kteří nemají možnost připojit vysavač na čerpadlo. Na vysavač se

napojuje zahradní hadice a proudem vody se nečistoty nahání do sítě, která je na vysavači umístěna (obr. 17). [7]



Obr. 16



Obr. 17

#### 2.4.5 Automatické bazénové vysavače

Automatické bazénové vysavače (obr. 18 a 19) se kompletně postarají o úklid v bazénu. V nabídce jsou různé druhy – od jednodušších modelů, které čistí pouze dno, až po plně automatické roboty s umělou inteligencí, které jsou schopny vyčistit kompletní plochu bazénu včetně stěn. Předností je jejich snadná obsluha, stačí je vložit do bazénu a o nic dalšího se již není nutno starat. Výkon bazénových vysavačů se pohybuje v rozmezí od 15 do cca 36 m<sup>3</sup>/h.



Obr. 18



Obr. 19

Při pravidelném používání je téměř nemožné, aby se voda v bazénu zkazila a vznikly problémy s řasou. Majitel bazénu ušetří náklady na chemii a velké množství času, které by bez vysavače musel péči o bazén věnovat. Zařízení není závislé na filtraci (má vlastní pohon, čerpadlo a filtr). Pro obsluhu bazénu úplně odpadá manipulace s hadicí, tyčí a kartáčem. [8]

#### 2.4.6 UVC lampa

UVC lampa nebo taky UV sterilizátor (z anglického ultraviolet), (obr. 14 a 15) je přístroj se speciální lampou, která při svícení vyzařuje intenzivní UV záření a tím sterilizuje vodu. Voda je pumpována skrz UV sterilizátor, kde je vystavena ultrafialovému záření, které je ve velkých dávkách smrtelně nebezpečné pro většinu organismů. Bazénový UV sterilizátor se používá k ničení řas, parazitů, plísní, virů, kvasinek a bakterií obsažených ve vodě. UVC lampa nemění složení vody, nevylučuje žádné škodlivé chemikálie. UVC lampa je jeden ze způsobů bezchlorové úpravy vody. [6]



*Obr. 14*



*Obr. 15*

### 2.5 Přehled plavajících robotů na čištění zahradních bazénů

Tato kapitola se věnuje robotům určeným přímo pro zadaný typ úlohy. Jsou zde detailně popsány principy jednotlivých subsystémů a možnosti jejich využití.

#### 2.5.1 Čistící robot Solar Breeze

Solar-Breeze je robot fungující na principu bazénového skimmeru, využívá volnou energii ze slunce. Listí, tráva, pyl, prach a většina nečistot, které se dostanou do bazénu, nejprve plavou na vodní hladině. Po delší době začnou klesat ke dnu. Dokonce i některé prachové částice, které jsou těžší než voda, plavou na hladině zásluhou povrchovému napětí vody. Tyto plovoucí nečistoty tvoří na povrchu viditelný "film", lze jej snadno pozorovat při



pohledu na hladinu bazénu pod nízkým úhlem. Zadní vodní kolo pohání přístroj ve vodě směrem dopředu, zatímco přední lopatky vodního kola sbírají plovoucí nečistoty do zásobníku na spodní straně přístroje. Robot je opatřen akumulátory, které se v průběhu dne, kdy svítí slunce, nabíjejí prostřednictvím dvou solárních panelů. Jako takový nepotřebuje žádné kabely, elektrické přípojky nebo hadice, jeho spotřeba elektrické energie je mnohonásobně menší než u jiných bazénových robotů. Některé další parametry jsou uvedeny v tab. 2.2. [9]



*Obr. 20 – Solar Breeze*

Narazí-li, robot na stěnu bazénu otočí se pomocí kol umístěných na rozích konstrukce a bude pokračovat rovnoběžně s okrajem nádrže. Solar-Breeze je totiž navržen tak, aby se většinu času pohyboval podél okraje bazénu, kde jsou nečistoty koncentrovány. Občas změni směr k manévrování kolem překážek nebo na druhou stranu bazénu. Jestliže se robot zachytí o nějakou překážku a nepohybuje se určitou dobu vpřed, spustí řídicí systém zpětný chod a snaží se vycouvat.

#### **2.5.1.1 Dobíjení**

Je-li baterie vybitá pod určitou úroveň, robot se vypne a rozsvítí se červené blikající světlo na ovládacím panelu, což upozorňuje na slabou baterii. To se obvykle děje v noci, poté, co je přístroj v provozu několik hodin. Baterie totiž vydrží pracovat i po západu slunce,

protože se dobily přes den energií ze slunce. Robot zůstane v tomto stavu, dokud neobdrží dostatek slunečního světla pro dobití baterie na provozní úroveň. Poté začíná opět sám pracovat.

#### **2.5.1.2 Přísun bazénové chemie**

Chemický dávkovač (pro pevné tablety bazénové chemie) je součástí Solar-Breeze, protože dávkování chlóru robotem pohybujícím se neustále po hladině je daleko efektivnější než jiné klasické způsoby. Solar-Breeze je ideální platformou pro distribuci optimálního množství chlóru ve vodě. Kapacita je dvě 3"(Jumbo) tablety, které se pomalu rozpouštějí. Solar-Breeze rozpouští chlór rovnoměrně na hladině a podél stěn bazénu, a to aniž by bylo nutné zapínat bazénové čerpadlo. Klasické plovoucí chemické dávkovače se pohybují převážně tam, kam je vítr zaneše. Bazénová čerpadla, která se obvykle používají jako chemický dávkovač, vyžadují velké množství energie k čerpání chemických látek do bazénu. [9]



<b>Název produktu:</b>	<b>Solar-Breeze</b>
<b>Výrobce:</b>	Solar Pool Technologies, Inc.
<b>Zdroj:</b>	Dva 6 W fotovoltaické solární panely
<b>Baterie:</b>	Lithiovo-iontový akumulátor (5300 mAh)
<b>Pohon Metoda:</b>	Vodní kola ze směsi ABS / polykarbonát
<b>Pohon zdroj:</b>	Stejnoseměrný servopohon
<b>Tělo a ostatní plastové komponenty:</b>	Plast se skelným vláknem a povrchovou UV ochranou
<b>Sběrný koš:</b>	Vysokopevnostní polyester
<b>Světla:</b>	Nízkoproudé LED diody
<b>On / Off mechanismus:</b>	Magnetický
<b>Rozměry:</b>	cca 510 x 595 x 160 mm
<b>Váha:</b>	cca 4,34 kg
<b>Cena:</b>	549 USD (10 310 Kč)

*Tab. 2.2 – Technické parametry robotu Solar Breeze [9]*

### 2.5.2 RC robot Jet Net

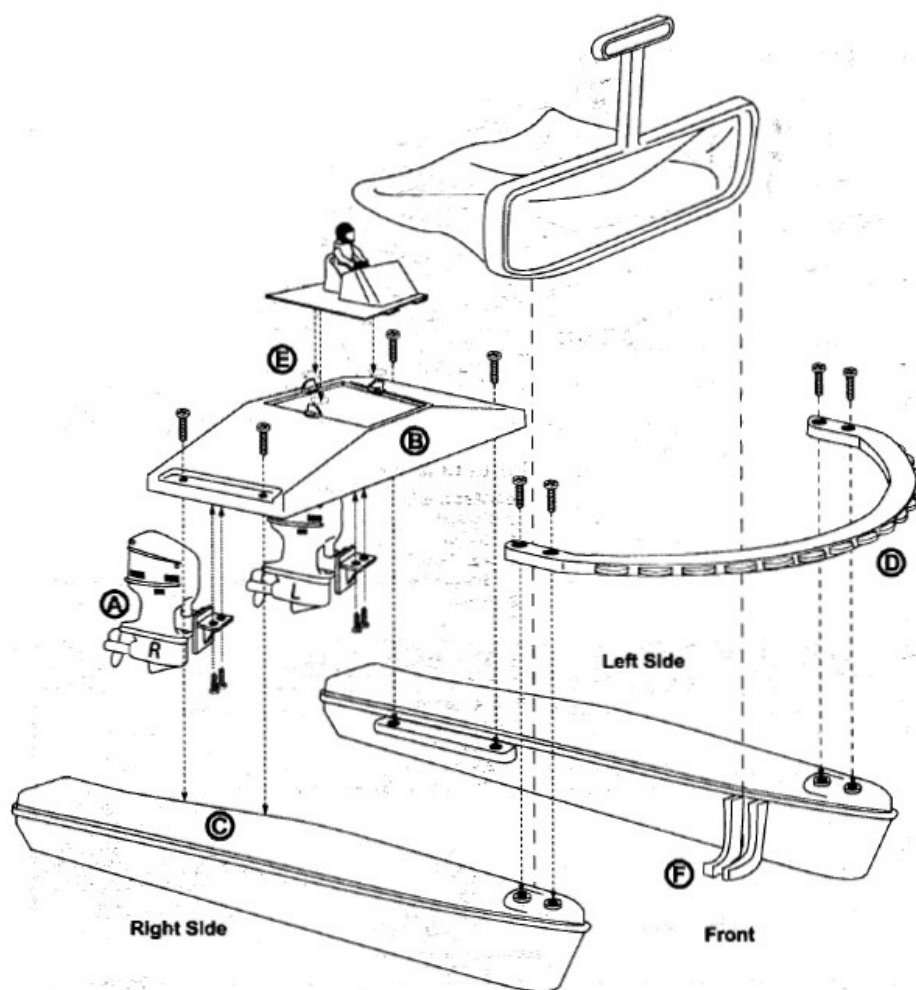
Jet Net Remote-Control (obr. 20) bazénový skimmer odstraní všechny druhy nečistot z povrchu bazénu. Tento dálkové ovládaný katamarán se dostane všude tam, kam ho pošlete. Přístroj je konstruován jako jednoduchý RC model. Dosahuje vysokých rychlostí, zajišťující dva samostatně poháněné lodní šrouby. Plavidlo má také jednoduchou sběrnou síť, která se dá snadno vyjmout, vyprázdnit a znovu použít. Dá se použít pro všechny typy a velikosti zahradních bazénů a je vhodný také k zahradnímu jezírku. Celá konstrukce je složena z jednoduchých dílů spojena prakticky pouze menšími šrouby. Dálkové ovládání umožňuje ovládání až na vzdálenost 100 metrů. Specifikace robotu je uvedena v tab. 2.3. Přístroj není zcela vodotěsný, takže například motory se nesmí ponořit pod hladinu. [10]



*Obr. 21*

Technické parametry Jet Net	
<b>Výrobce:</b>	Dunn-Rite pool
<b>Rozměry:</b>	Cca. 59cm x 73cm
<b>Výkon:</b>	Dálkové ovládání: 9 V baterie, loď: dobíjecí 9,6 V Ni-MH baterie
<b>Schválení:</b>	FCC vyhovuje
<b>Záruka:</b>	1 rok, omezená
<b>Cena:</b>	110 USD (2095 Kč)

*Tab. 2.3 – Technické parametry robotu RC Jet Net [10]*



Obr. 22 – Popis robotu RC Jet Net (manuál výrobce)

(A) Motory s lodními šrouby (B) Spojovací „můstek“ s prostorem pro baterii (E) (C) Boční pontony (D) Přední nárazník (F) Drážka pro zasunutí sběrné sítě

## 2.6 Roboty na odstraňování ropných havárií

Plavajících robotů určených přímo pro čištění zahradních bazénů je na trhu nedostatek. Bylo proto žádoucí pro doplnění rešerše analyzovat oblast, kdy roboty pomáhají při odstraňování ropných skvrn a dekontaminace vody. Technologie použité na těchto přístrojích mohou pomoci při navrhování řešené konstrukce.

### 2.6.1 Seaswarm

Seaswarm (obr. 23) je robot americké společnosti MIT (Massachusetts Institute of Technology) na čištění olejových skvrn a ropných havárií na moři. Využívá fotovoltaiicky poháněný pás vyrobený z tenké síťoviny nanowire. Patentovaný nanomateriál může

absorbovat olej o hmotnosti až dvacetinásobku své váhy. Flexibilní dopravní pás, na který je nanotechnologie nanесena, přejíždí přes hladinu moře a nasává olej a zároveň odpuzuje vodu. Olej je pak z dopravního pásu vytlačován a zachycen v zásobníku a celý proces se opakuje. Nashromážděný olej se buď spaluje přímo na stroji, nebo by se uzavřel do vakuového pytle pro pozdější vyzvednutí. Ropa by tak mohla být znovu použita, nebo recyklována.



*Obr. 23*

Plavidlo má rozměry 4,8 x 2,1 m a je navrženo tak, aby se přizpůsobilo vlnám na moři podobně jako list stromu. Seaswarm je určen pro práci v "roji" plavidel, které komunikují pomocí GPS a Wi-Fi, s cílem vytvořit organizovaný systém pro sběr, který může pracovat nepřetržitě bez lidské pomoci. Protože jsou menší než komerční odpěňovače spojené s loděmi, je možno navigovat Seaswarm do těžko přístupných míst, jako jsou ústí řek a pobřeží. Seaswarm pracuje tak, že zachytí okraj skvrny a pohybuje se směrem dovnitř. Předpokládá se, že tento proces bude daleko efektivnější a levnější než současné metody odstraňování ropných skvrn. První prototyp byl testován v Charles River v polovině srpna 2010. [11]

## **2.6.2 Produkty firmy Lamor**

Finská firma Lamor založená roku 1982 patří na poli náprav ekologických katastrof k celosvětovým lídrům na trhu. Poskytuje odborné znalosti spojené s řešením, ochrany

životního prostředí a ekosystémů. Společnost vlastní mnoho patentů a certifikátů zaručující spolehlivé a efektivní řešení v oblasti úniku chemikálií do půdy, dekontaminace přístavních oblastí, čištění pobřeží, ropných skvrn na moři, záchranné akce, podvodní práce, odstraňování kontaminovaných vraků plavidel, práce v arktických oblastech na ledě i pod ním.

Produkty firmy Lamor jsou robustní, snadno se používají a mají nízké požadavky na údržbu a servis. Produktové portfolio zahrnuje několik set různých druhů čistících přístrojů. [12]

#### 2.6.2.1 Minimax 12

MM 12 je lehký přenosný typ sacího skimmeru na všechny typy oleje, jehož účelem je regenerovat vodu z břehů, řek, přístavů a jezer. Minimax 12 (obr. 24) používá patentovaný Lamor kartáčový systém, který zaručuje vysokou výkonnost těžby ropy s nízkým procentem obsahu vody v ní.

Princip čištění je realizován pomocí rotujících kartáčů, které zachytávají olej (obr. 25). Z kartáčů je pak stírán do nádrže, z níž je odčerpáván pryč. Je dodáván s dieselovým motorem, hydraulickým agregátem se všemi nezbytnými pomocnými zařízeními. Přístroj by měl být dále připojen na účinné sací čerpadlo nebo vakuový systém. Čerpadlo zvládne pevné látky až do velikosti 6 mm, těsnění jsou vyrobeny ze syntetického kaučuku odolné proti všem působícím olejům. [12]



Obr. 24



Obr. 25

Minimax 12	
<b>Rozměry D x Š x V</b>	840 x 665 x 370 mm
<b>Hmotnost</b>	28 kg
<b>Ponor</b>	120 mm
<b>Kapacita</b>	12 m <sup>3</sup> / h
<b>Kapacita certifikovaná ASTM</b>	19,6 m <sup>3</sup> / h
<b>Kapacita certifikovaná max.</b>	45,4 m <sup>3</sup> / h
<b>Zbytková voda v oleji</b>	2 - 6%
<b>Hydraulický průtok (pouze skimmer)</b>	1-3 l / min
<b>Hydraulický tlak</b>	60-100 bar
<b>Příkon</b>	0,1-0,5 kW

*Tab. 2.4 – Technické parametry přístroje Minimax 12*

#### **2.6.2.2 Free Floating Skimmer (LFF 100)**

Lamor volně plovoucí skimmer (LFF 100), (obr. 26 a 27) je velmi výkonný skimmer určený do otevřených vodních ploch v procesech těžby ropy. LFF 100 je vybaven dvěma kartáčovými dopravníky pracujícími na principu archimédovy spirály, pro efektivní sběr všech typů olejů a emulzí. Každý kartáčový dopravník se skládá ze čtyř řetězců kartáčů. Skimmer je ovládaná hydraulicky a je vybaven dvěma motory. Vhodné je i připojení přístroje na norné stěny k uzavření olejové skvrny. [12]



Obr. 26



Obr. 27

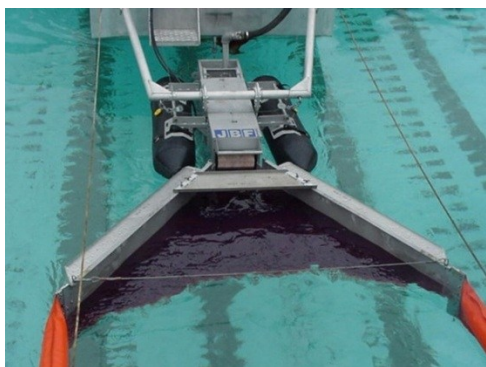
Free Floating Skimmer	
<b>Rozměry D x Š x V</b>	2290 x 2250x 1946 mm
<b>Hmotnost</b>	750 kg
<b>Kapacita</b>	100 m <sup>3</sup> / h
<b>Hydraulický průtok</b>	40-60 l / min
<b>Hydraulický tlak</b>	210 bar
<b>Příkon</b>	30 kW
<b>Zbytková voda v oleji</b>	<2%

Tab. 2.5 - Technické parametry přístroje volně plovoucí skimmer (LFF 100)

### 2.6.2.3 JBF Dynamic Inclined Plane (DIP)

JBF Dynamická nakloněná rovina (DIP), (obr. 28 a 29) využívá fyzikálních zákonů pro sběr oleje z povrchu vody. Hlavní výhodou DIP skimmeru je kombinace sbírání oleje a jeho třídění v jednom kroku. DIP má vysoký výkon v oblasti sběru viskózních olejů a ropných skvrn při rychlostech větších než 3 uzly. [12]





Obr. 28



Obr. 29

Dynamic Inclined Plane	
<b>Délka</b>	3350 mm
<b>Nosník</b>	1220 mm
<b>Výška</b>	1420 mm
<b>Hmotnost</b>	860 kg
<b>Provozní vlny</b>	až 1,8 m
<b>Navrhovaná kapacita</b>	100 m <sup>3</sup> / h
<b>Provozní rychlost</b>	3 a více uzlů

Tab. 2.6 - Technické parametry přístroje JBF Dynamic Inclined Plane (DIP)

#### 2.6.2.4 Kartáčový adaptér – Brush Adapter (LBA)

Lamor kartáčový adaptér (obr. 30 a 31) je přístroj pro získávání ropy a těžkých olejů z vody. Je navržen tak, že jeho kartáče rotují směrem „do vody“, čím vytváří silný proud připomínající jez. Médium se tak snadno a rychle dostane do útrob přístroje, kde probíhá jeho separace a odčerpávání pryč. Kartáče jsou umístěny v robustním hliníkovém rámu se středním závěsným okem. Kartáče jsou poháněny 2 hydraulickými motory, realizované na jediném hydraulickém okruhu. [12]





Obr. 30



Obr. 31

Brush Adapter	
<b>Rozměry D x Š x V</b>	970 x 970 x 420 mm
<b>Hmotnost</b>	60 kg
<b>Kapacita</b>	48 m <sup>3</sup> / h
<b>Kapacita certifikovaná ASTM</b>	62,2 m <sup>3</sup> / h
<b>Zbytková voda v oleji</b>	<5%
<b>Hydraulický průtok</b>	8 l / min
<b>Hydraulický tlak</b>	170 bar

Tab. 2.7 - Technické parametry přístroje Brush Adapter (LBA)

## 2.7 Závěr vyplývající z řešení

Po prostudování problematiky zahradních bazénů a servisních robotů pro jejich čištění lze říci, že zahradních bazénů, je zvláště na našem území velké množství. Prostředků k mechanickému čištění vody jako takových je na trhu rovněž dostatek. Alternativa v podobě plavajících čistících robotů je na trhu k vidění jen málo. Firma Solar Pool Technologies, Inc je jediným světlym místem v této oblasti. Je nutno podotknout, že výrobci se zabývají spíše vývojem podvodních čistících robotů, které jsou ve své práci komplexnější. Osobně si myslím, že příčinou je především zmiňovaná komplexnost a především cena. Když už se navrhuje stavba bazénu větších rozměrů, je v ní pravděpodobně zahrnut i propracovaný systém regulace a čištění vody. Majitelé bazénu si asi jen těžko

pořídí servisní robot na sběr nečistot z hladiny vody, když budou mít na své bazénu nainstalovaný přepad s účinnou filtrací. Proto by se měl návrh zaměřit zvláště na bazény středních velikostí bez přepadu nebo na bazény, kdy výkon filtrace nestíhá nečistoty z hladiny odfiltrovat tak, aby robot měl v bazénu své plnohodnotné uplatnění. K tomu, aby byla analýza přínosná, bylo nutné porozhlédnout se v jiném odvětví a obohatit tak přehled současného stavu v této problematice také o poznatky z jiné disciplíny. Zmíněným odvětvím byla oblast týkající se studia robotů nasazovaných při únicích ropy a jiných přírodních katastrof na vodě. Bylo nalezeno mnoho důmyslných řešení způsobu filtrace vody, které se ukázaly jako velmi přínosné pro konečné řešení konstrukce.

### 3 Požadavkový list

Na počátku konstrukce byl sestaven požadavkový list, ve kterém jsou shrnuty důležité požadavky. Jedná se především o tyto:

- oblast použití robotu: čištění venkovních bazénů a nádrží středních velikostí (15 x 5 m), bez systému přepadového odtoku;
- čištění hladiny vody, především oblast kolem stěn nádrže;
- konstrukce typu katamarán;
- jednoduché provedení;
- snadná obsluha;
- dostatečné zaručení těsnosti;
- jednoduché nasazování a zajištění sběrného koše;
- odolnost vůči působení vnějších vlivů prostředí;
- sbírání nečistot typu – tráva, hmyz, listí apod. až do průměru plavající plochy 20 cm;
- malá hmotnost (do 15 kg);
- nízká cena (do 15 000 Kč).

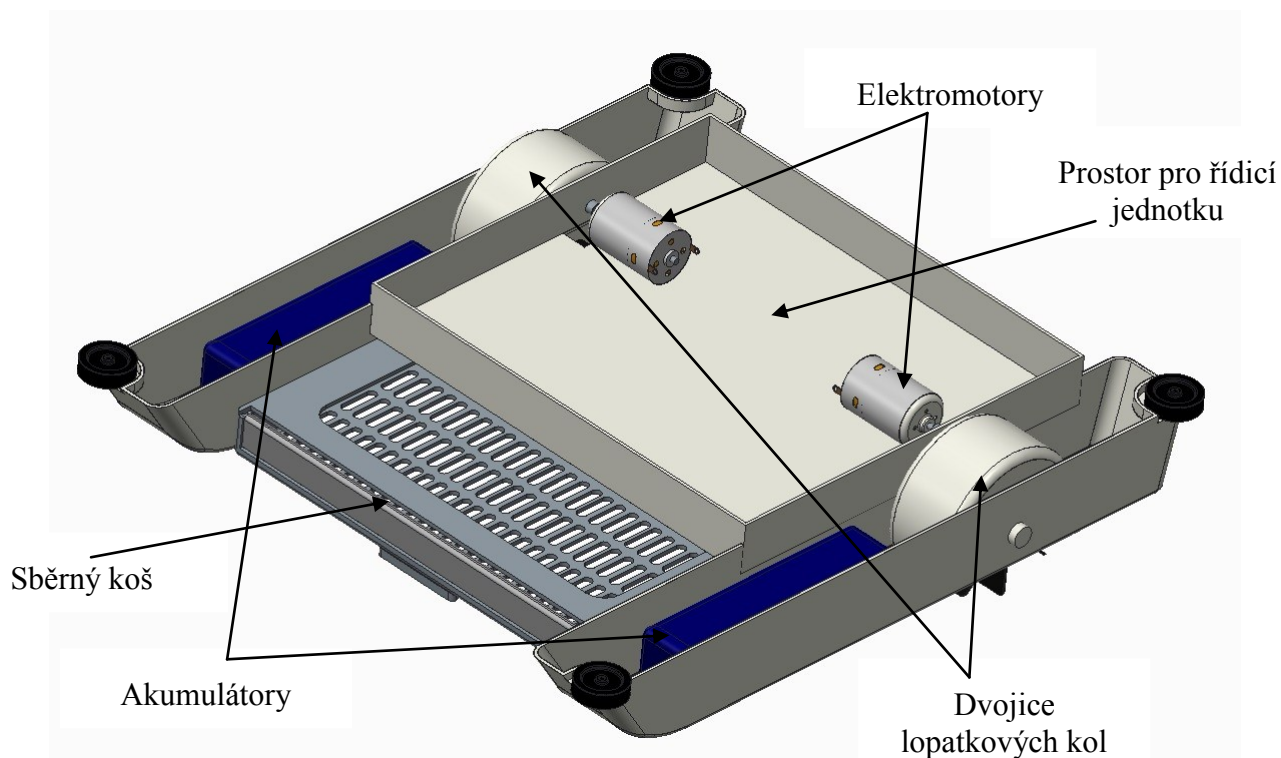
## 4 Varianty řešení

Po konzultaci podléhá variantnímu řešení především konstrukční uzel pohonné jednotky. Konstrukce samotného robotu zůstává stejná. Spodní část ve tvaru pontonů je navržena tak, aby byl splněn požadavek na konstrukci typu katamarán se sběrným košem v přední části. Horní část je zkonstruována jako krytí, popř. i jako nosná část některých konstrukčních uzlů (na obrázcích není z důvodů přehlednosti znázorněna). Robot je také vždy opatřen volně otočnými nárazníkovými koly pro lepší manévrovatelnost u stěn nádrže. Další konstrukční řešení bude uvedeno v následujících kapitolách. Pro lepší názornost byly jednotlivé varianty vymodelovány ve 3D a doplněné o referenci na hlavní součásti. Při popisování jednotlivých návrhů jsem se snažil stručně popsat, jakým způsobem pracují a byly vyzdvíženy jejich výhody a nevýhody. Při navrhování mi byly v některých případech inspirací techniky z oblasti lodního modelářství.

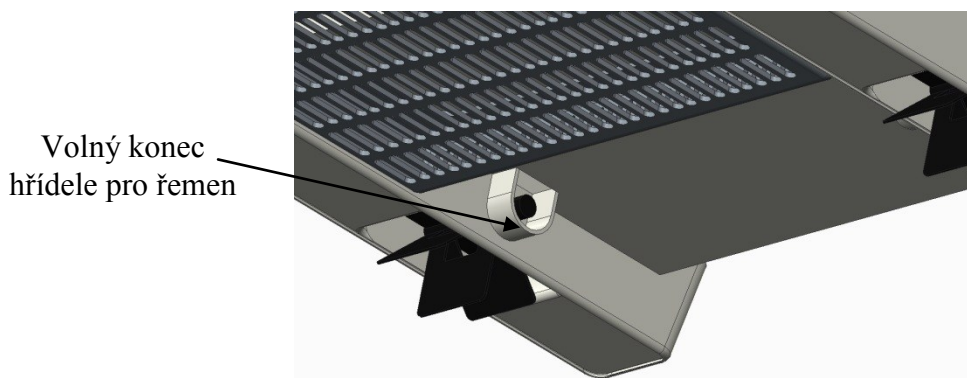
### 4.1 Varianta A - lopatková kolo (kolesa)

Vhodně navržené lopatkové kolo umístěné v oblasti zadní části robotu, zajišťuje spolehlivý typ pohonu při malé spotřebě energie. Chybí však možnost přímo tímto řídit směr robotu, bylo by nutné osadit robot kormidlovací jednotkou. Další možností jak řídit směr plavby je umístění dvou lopatkových kol, podobně jako tomu je u modelů parníků. To znamená i nasazení dvou nezávisle na sobě řízených servomotorů. Největší předností je nízká výrobní cena lopatkového kola. Manévrovatelnost i pomocí dvou lopatkových kol není nikterak dobrá.

Tato varianta má dvě lopatková kola umístěné v oblasti pontonů. Jsou uložena v kluzných ložiscích a spřažena s motorem přes plochý řemen. V pontonech je ještě dostatek místa pro akumulátory. Na nosné desce v místě mezi pontony je dostatek místa pro řídicí jednotku, popř. další elektroniku.



*Obr. 4.1 – Celkový pohled na variantu s lopatkovými koly*



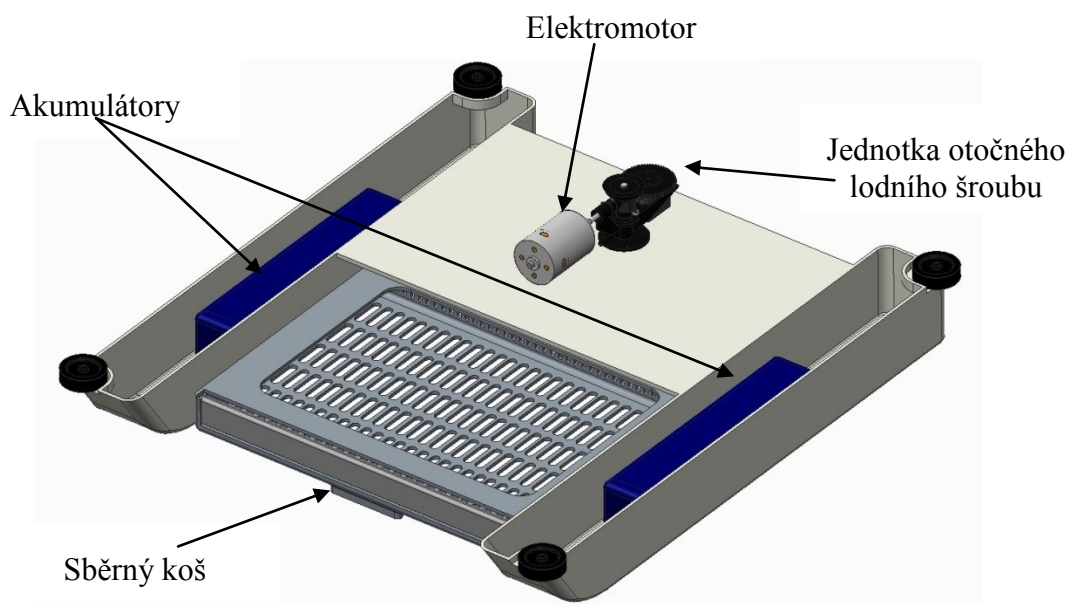
*Obr. 4.2 – Pohled zespodu*

## 4.2 Varianta B - lodní šroub

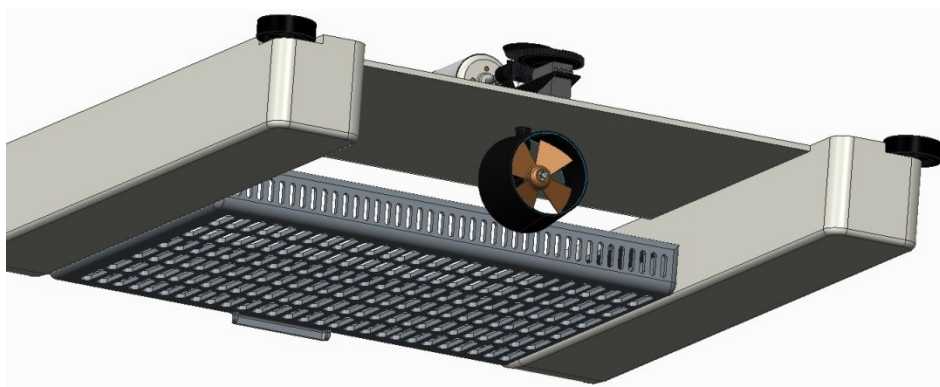
Lodní šroub je jeden z nejjednodušších pohonů používaného u lodí. Modelářské lodní šrouby mají dobrou účinnost a jsou velmi lehce dostupné. Při pohybu vpřed se dá výchylka regulovat kormidlem, při pohybu vzad je to už horší. Avšak existují na trhu i speciální konstrukce lodních šroubů, mající výborné manévrovací schopnosti. Nevýhodou této varianty pohonu je že při použití jednoho lodního šroubu bude mít robot tendenci se stáčet

na stranu natočení lopatek šroubu. Při použití dvou lodních šroubů budou velké pořizovací náklady a spotřeba energie.

Tato varianta uplatňuje nasazení jednotky otočného lodního (Schottel drive) šroubu s integrovaným servomotorem pro natáčení. Pro otáčení postačí jeden elektromotor umístěný ve středu na nosné desce souose s výstupní hřídelí pohonu. Baterie jsou pro lepší stabilitu opět umístěny v pontonech.



*Obr. 4.3 - Celkový náhled na variantu s lodním šroubem*

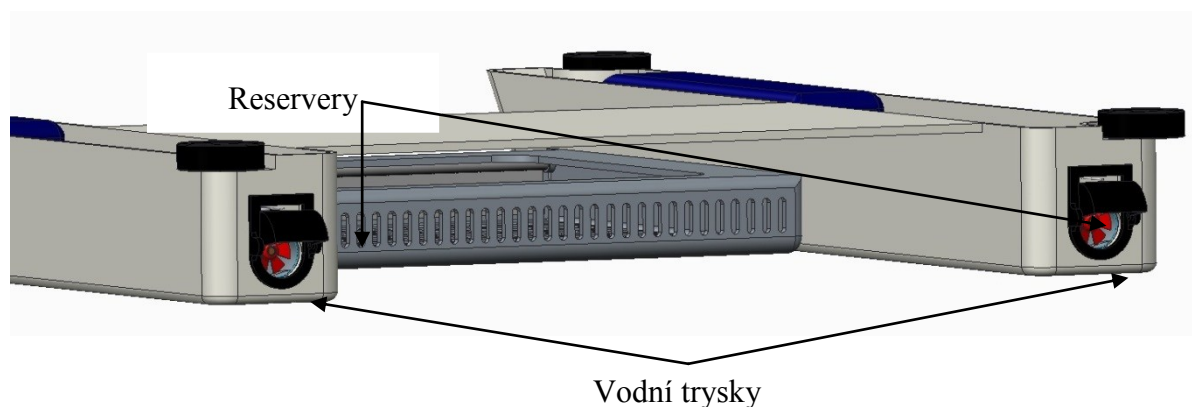


*Obr. 4.4 – Jednotka otočného lodního šroubu při pohledu zespodu*

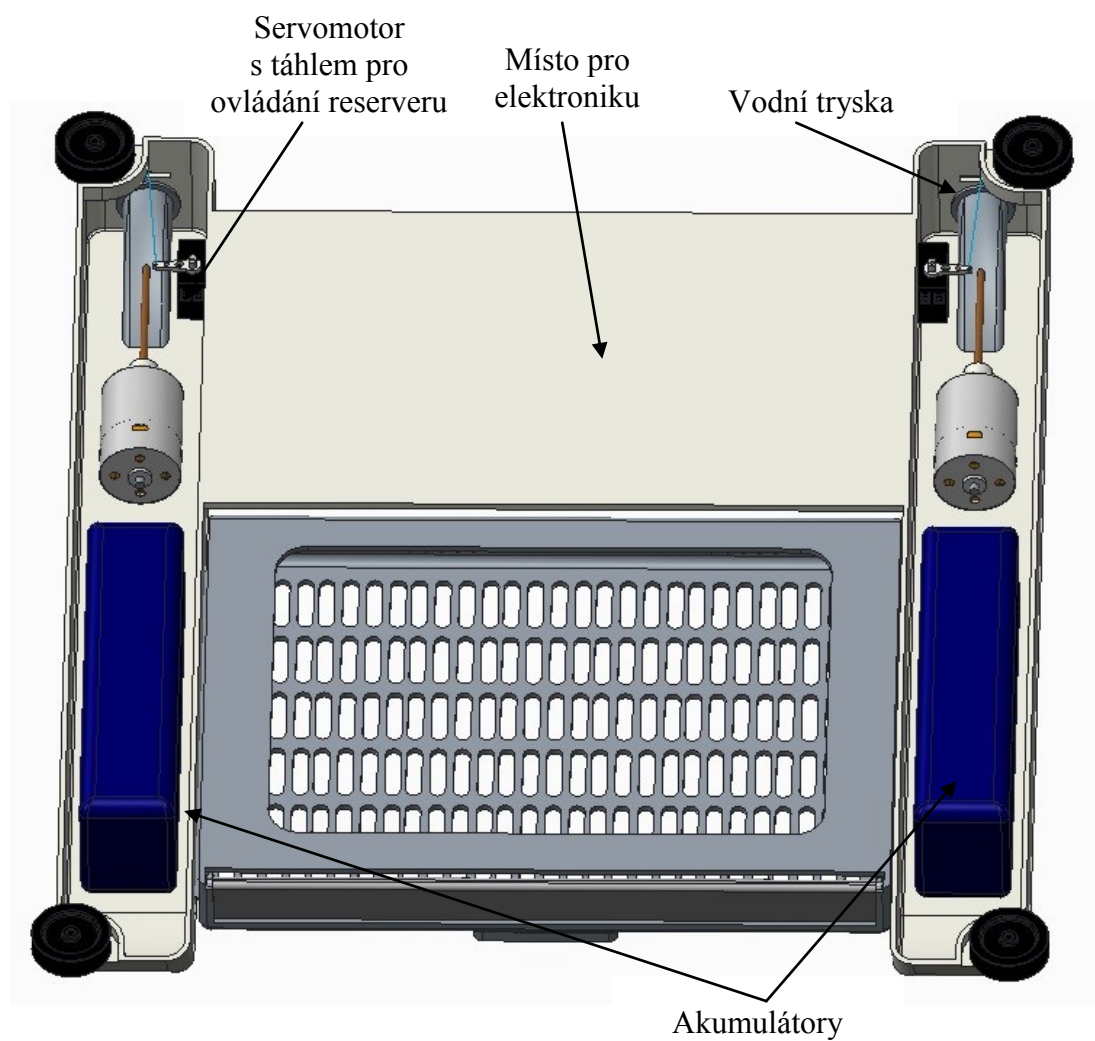
### 4.3 Varianta C - vodní tryska

Turbína je dobrým řešením pro pohon hladinového čističe, jejich sání by se dalo v některých konstrukcích využít pro zlepšení sběru nečistot z hladiny. Výtlak umístěný v zadní části přístroje, může sloužit jako velmi výkonný, částečně směrově regulovatelný pohon. Nevýhodou těchto pohonů je zabudování do trupu robotu, jejich poměrně složitá konstrukce a s tím spojená vyšší pořizovací cena. Změna směru se realizuje obrácením vodního proudu přes speciálně tvarovanou klapku. Výhodami jsou, velmi silný pohon ve směru jízdy (dopředu) a fakt, že se nemusí pro změnu směru plavby měnit smysl otáčení motoru. Mezi nevýhody patří nízká manévrovatelnost, vyšší náklady a náročnost na spotřebu energie.

Tato konstrukce uvažuje použití dvou vodních trysek používaných u modelů lodí tak, aby se regulací otáček turbíny dal měnit směr plavby robotu. Pohon je dodáván jako kompaktní jednotka, takže není až tak technicky náročný. Nutné je zabudování do těla robotu. Vodní trysky mají v tomto případě tzv. reservery pro změnu směru plavby, který je ovládán servomotorem přes táhla. Umístění jsem volil do oblasti pontonů pro maximální využití volného místa. Pontony jsou spojeny deskou, na kterou je možné umístit elektroniku. Krytování by v tomto případě mělo minimální rozměry.

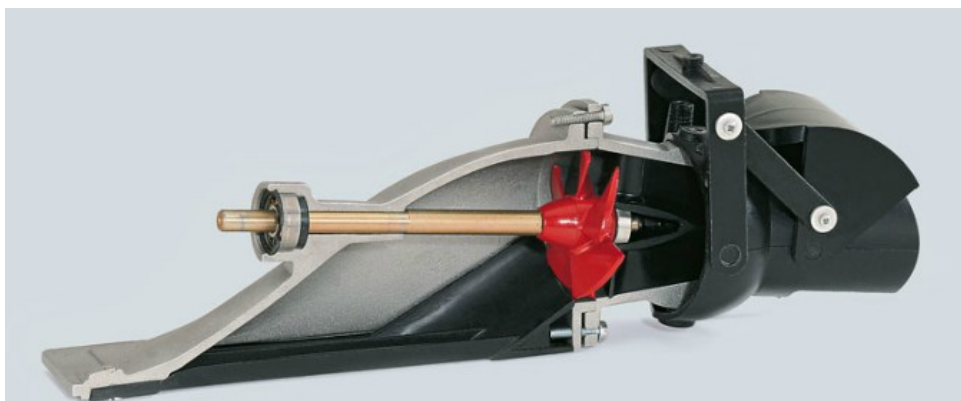


*Obr. 4.5 – Pohled na výtlak vodních trysek s reservery*



Obr. 4.6 – Celkový pohled na variantu s vodními tryskami





Obr. 4.7 – Průřez vodní tryskou

## 5 Hodnotová analýza

Hodnotová analýza je metoda výběru optimální varianty. K jejímu provedení je nutné zvolit kritéria a přiřadit jim číselnou hodnotu podle stupnice hodnocení. Tyto kritéria pak společně porovnat a dopočíst k nim váhu významnosti.

Cílem hodnotové analýzy je vybrat nejlepší variantu a tu následně podrobně rozpracovat.

Stupnice hodnocení	
0	Nepoužitelný
1	Špatný
2	Použitelný
3	Dobrý
4	Velmi dobrý
5	Výborný

Tab. 5.1 – Stupně hodnocení

Kritéria hodnocení	Charakteristika
<b>Cena</b>	Složitost použitých komponentů a jejich cenová náročnost
<b>Hmotnost</b>	Váha pohonu
<b>Energetická náročnost</b>	Celkové nároky na zdroj
<b>Manévrovatelnost</b>	Schopnost změnit směr na minimálním prostoru
<b>Síla</b>	Síla jakou bude schopen pohon vyvinout pro pohyb přístroje vzhledem k jeho hmotnosti

Tab. 5.2 – Kritéria hodnocení

	Kritérium 1	Kritérium 2	Kritérium 3	Kritérium 4	Kritérium 5
<b>Lopátkové kolo (kolesa)</b>	4	3	3	3	2
<b>Lodní šroub</b>	3	4	4	4	4
<b>Vodní tryska</b>	2	3	2	2	4

Tab. 5.3 – Hodnocení jednotlivých kritérií

				Počet voleb	Pořadí	Váha významnosti
K1	K1	K1	K1	1	3. - 5.	1
K2	K3	K4	K5			
	K2	K2	K2	3,5	1. - 2.	1,625
	K3	K4	K5			
		K3	K3	1	3. - 5.	1
		K4	K5			
			K4	1	3. - 5.	1
			K5			
			K5	3,5	1. - 2.	1,625

Tab. 5.4 – Srovnávání párů kritérií

Váha významnosti  $q$  je pak dána vztahem:

$$q = 0,25 \cdot v + 0,75$$

kde:  $v$  – počet voleb

## 5.1 Konečné hodnocení:

Konečné hodnocení variant je vypočteno jako suma součinů číselných hodnocení kritérií a příslušných vah kritérií.

Výsledek výběru optimální varianty	
Varianta	Body
Lopátkové kolo	18,125
Lodní šroub	<b>24</b>
Vodní čerpadlo	17,375

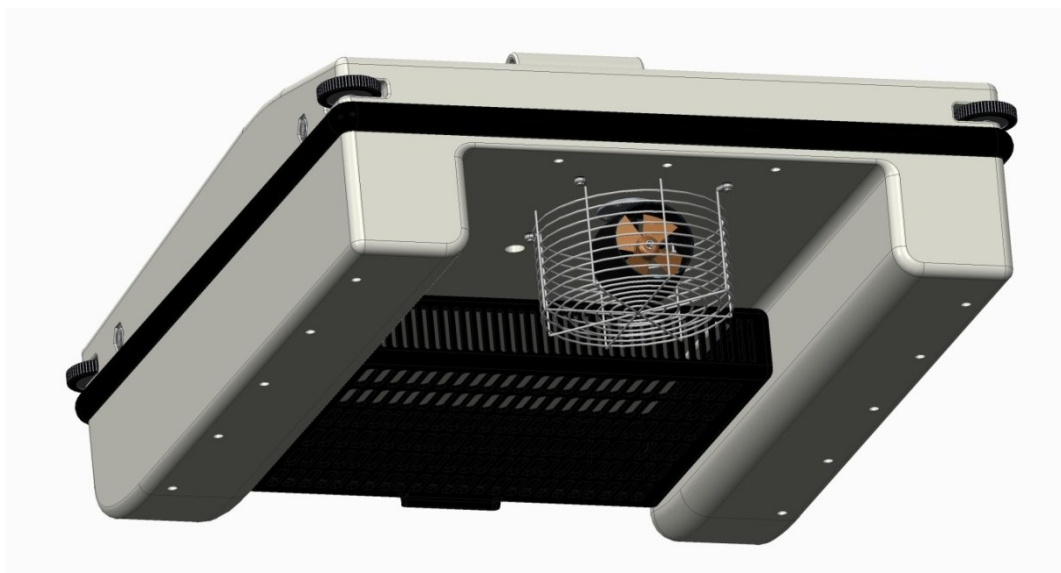
*Tab. 5.5 – Výsledek hodnotové analýzy*

Z výsledku hodnotové analýzy vyplývá, že nejlepší varianta je řešení s lodním šroubem (tab. 5.5). Tato varianta bude detailně rozpracována v CAD systému Creo jako 3D model.

## 6 Popis navržené varianty

Výsledek konstrukce je dobře znázorněný na obrázcích 6.1 a 6.2. Tělo robotu tvoří dvě části z plastu (PA 12), tedy dolní a horní část navzájem sešroubované samořeznými šrouby určenými do plastu. Šrouby jsou zapuštěny hluboko dovnitř, aby nevyčnívaly z linie těla robotu a ušetřilo se na jejich délce. Jako těsnění u samořezných šroubů bylo použito fibrové těsnění. Plavidlo je koncipováno jako katamarán, což bylo i součástí požadavkového listu. V prostoru mezi pontony se nachází sběrný koš. Tento je vybaven zpětnou klapkou, která propouští vodu pouze jedním směrem, podobně jako tomu je u hladinového odsávače (skimmeru). Horní část těla robotu slouží jako krytí. Jsou v ní umístěny volně otočná nárazníková kola, sloužící pro snadnější manévrování robotu u stěn bazénu. K robotu je připevněno také plastové madlo, které je sešroubováno společně se spodním plastovým dílem. Je určeno pro snadnější vytahování z bazénu. Mezi obě plastové části robotu je nasazena profilovaná pryž, která utěsňuje celý vnitřní prostor, kde jsou uloženy všechny elektrické součásti. Pryž je navržena tak, aby tlumila případné nárazy o překážky, které nezachytí nárazníková kola na rozích robotu. Pro zajištění pohybu po hladině je robot osazen jednotkou otočného lodního šroubu se servomotorem pro natáčení. Část jednotky otočného lodního šroubu je ještě z bezpečnostních důvodů zamřížována. Motor byl vybrán k zvolenému pohonu na radu výrobce. Jedná se o stejnosměrný motor spojený se sestavou otočného lodního šroubu přes kardanové spojky. Pro řízení otáček motoru byl zvolen regulátor. Typ motoru je přírubový, takže je připevněn přes hliníkový L profil šrouby. Aby byly tlumeny vibrace motoru, jsou šrouby z obou stran vybaveny podložkami z pryže. Hliníkový profil je k samotné konstrukci připevněn přilepením. Účelem bylo vyhnout se dalšímu děrování v oblasti prostoru mezi pontony. Akumulátory jsou uloženy na bocích v dutinách pontonů, z důvodů stabilizace a lepšímu rozložení hmot. Všechn spojovací materiál jakožto i ochranná mříž lodního šroubu, je vyrobena z nerezové oceli.

Detailnější popis součástí robotu jsou popsány v další části práce.



*Obr. 6.1*

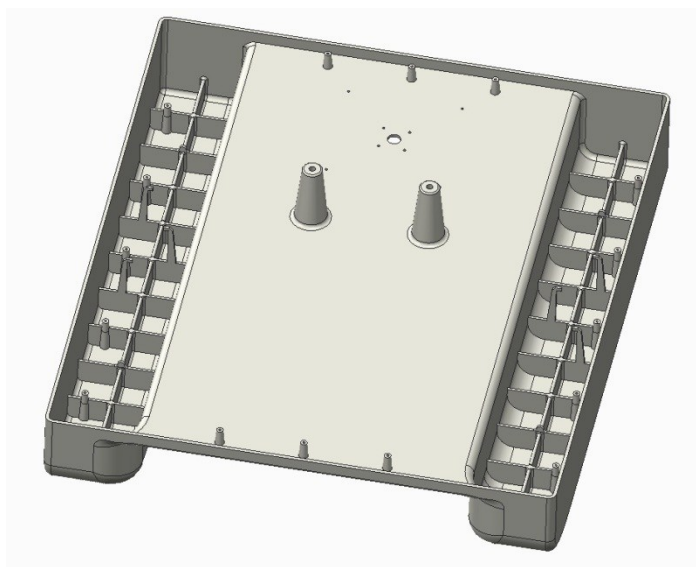


*Obr. 6.2*

## 6.1 Plastový rám a krytování robotu

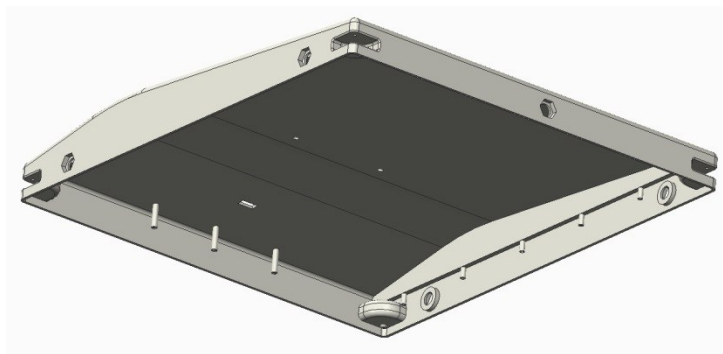
Nosná část robotu je zhotovena z plastu PA 12, což je litý polyamid. Tento materiál je vhodný zejména pro své mechanické vlastnosti a vysokou odolnost vůči chemickým látkám, které se běžně vyskytují v bazénové vodě. V případě horního i spodního dílu se jedná o skořepinu, se silou stěny 4 mm, v některých oblastech zesílenou.

Spodní díl robotu (Obr. 7.6) slouží jako nosná část pohonné jednotky, veškeré elektroniky, baterií apod. Základem jsou pontony, zevnitř zpevněné žebrováním (příčným i podélným). Uprostřed každého pontonu jsou zkonstruovány pomocné sloupky pro zapuštění spojovacích vrutů. Pro zafixování akumulátorů ve všech třech osách jsou na žebrování zkonstruovány pomocné sloupky, tvořící jakousi klec, ze které lze baterie snadno vyjmout. Pontony spojuje nosná deska, zesílená tak aby snesla několik otvorů pro upevnění dalších subsystémů. Na nosné desce se nachází také dva pomocné sloupky, které slouží k spojení robotu s madlem. Madlo je s robotem spojeno tak, že šrouby spojují obě plastové části. Spojení je tak dostatečně tuhé a nehrozí, že se madlo při zátěži odlomí.



*Obr. 7.6 – Spodní plastový díl těla robotu*

Horní plastový díl na obrázku 7.7 je koncipován pouze jako krytování. Síla stěny skořepiny je stejně jako u dolní části 4 mm. Má takový tvar, aby z něho voda jednoduše stékala. Na rozích se pak nacházejí dutiny pro nárazníková kola. Tyto pomáhají robotu lépe manévrovat v oblasti u stěn nádrže. Kola jsou volně otočná a uložena přímo v konstrukci robotu, bez použití ložisek, neboť se nepředpokládá, že budou přenášet velké síly. Ve svislých stěnách horní části jsou jak po stranách, tak vepředu (celkem 5) vytvořeny otvory pro senzoriku. Otvory jsou navrženy tak, že senzory nevyčnívají z linie krytu a smontovány dvěma maticemi proti sobě. Na krytu je navržen otvor pro hlavní vypínač a konektor pro napáječ.



*Obr. 7.7 – Horní krytování robotu*

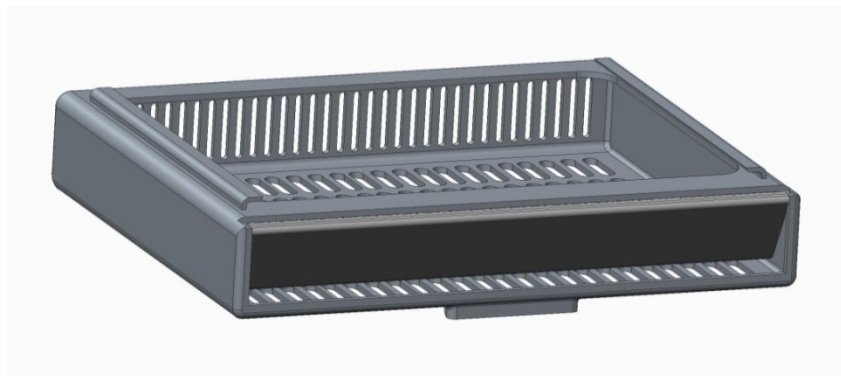
Na obou plastových dílech existuje náběhová hrana určená pro zasunutí těsnící profilované pryže. Po dostatečném utažení všech spojovacích dílů se domnívám, že utěsnění celého systému bude dostatečné. Profil pryže má navíc tvar tlumící nárazy, které nezachytí kola na rozích.

## **6.2 Sběrný koš**

Sběrný koš se nachází v prostoru mezi pontony. Je vyroben podobně jako tělo robotu z plastu PA 12. Objem sběrného koše je cca 6,5 litrů, rozměry jsou 381 x 321 x 57 mm. Proti samovolnému úniku nečistot zpět do bazénu je navržen systém zpětné klapky.

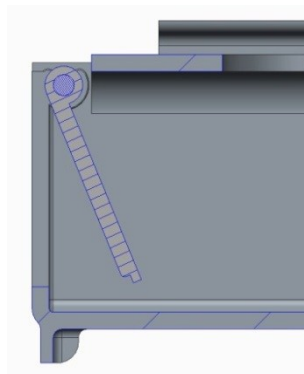
Zasouvání (vyjímání) sběrného koše je navrženo tak, aby bylo snadné rychlé, dostatečně tuhé a přístupné pro vyjímání zachycených nečistot. Zasouvání funguje na principu tvarových drážek (kolejniček), vyrobeny vždy jako protikus. Proti samovolnému vysunutí jsou na kolejničkách výstupky bránící vlivem deformace pohybu. Při vyjímání se tato deformace snadno překoná zatažením za úchyt v přední části koše. V případě realizace projektu by se muselo ještě rošt koše osadit jemným sítem pro zachytávání prachu a pylu z vody.





*Obr. 7.8 – Sběrný koš se zpětnou klapkou*

Hladina se pohybuje v cca  $\frac{3}{4}$  výšky klapky. Možná varianta je i s pružinou, která napomáhá přiklápění nebo se ke klapce vhodně připevní závaží. Profil zpětné klapky je dobře vidět na obrázku 7.9. Tyč, kolem které se klapka otáčí, je při montáži nasazena do lůžek k tomu určených. Uložení je snadno rozebratelné pro případný servis. Klapka je zesílena nízkým žebrováním.



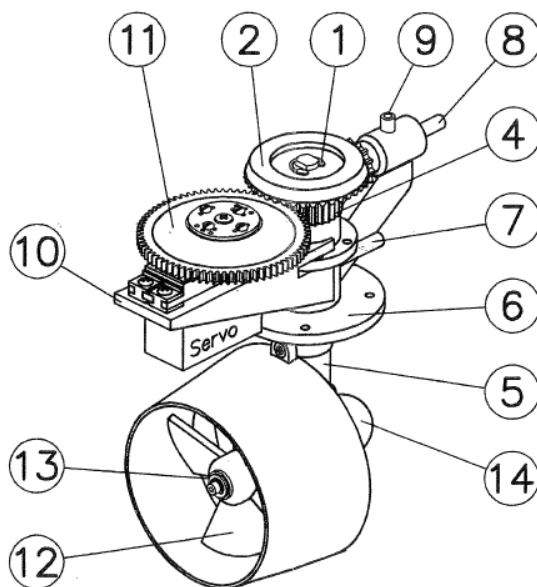
*Obr. 7.9 – Profil zpětné klapky*

## 6.3 Pohon

Z hodnotové analýzy vyplynulo, že pro pohon celého robotu bude použit lodní šroub. V pátrání po vhodném typu pro dané rozměry a především hmotnost jsem našel mnoho výrobců modelářské techniky určené pro lodě a ponorky. V zásadě jsem se při výběru zaměřil na dvě zásadní hlediska. A sice, těsnění celého systému, především v oblasti lodního hřídele a kompaktnost pohonu s kormidlováním. Klasické pohony s lodními šrouby nesplňují ani jeden tento požadavek, protože těsnění není zcela dokonalé. Směr se sice dá

regulovat pomocí druhé pohonné jednotky, ale to je energeticky i cenově náročné. V úvahu také připadá kormidlo, ovšem není tak kompaktní, protože se musí instalovat zvlášť. Problém jsem vyřešil nasazením otáčejícího lodního šroubu (Schottel drive), (Obr. 7.1). Tento typ pohonu má výbornou manévrovatelnost i jeho těsnění je mnohem snazší, neboť jeho hlavní hřídel vede svisle, navíc je osazen dýzou, která zvyšuje výkon zařízení. Řízení směru je realizováno prostřednictvím serva pro natáčení, které je součástí pohonu, tudíž není nutná žádná další instalace pomocného zařízení. Průměr lodního šroubu je 70 mm. Výrobce použitého typu je firma Graupner, další informace viz. tab. 7.1.

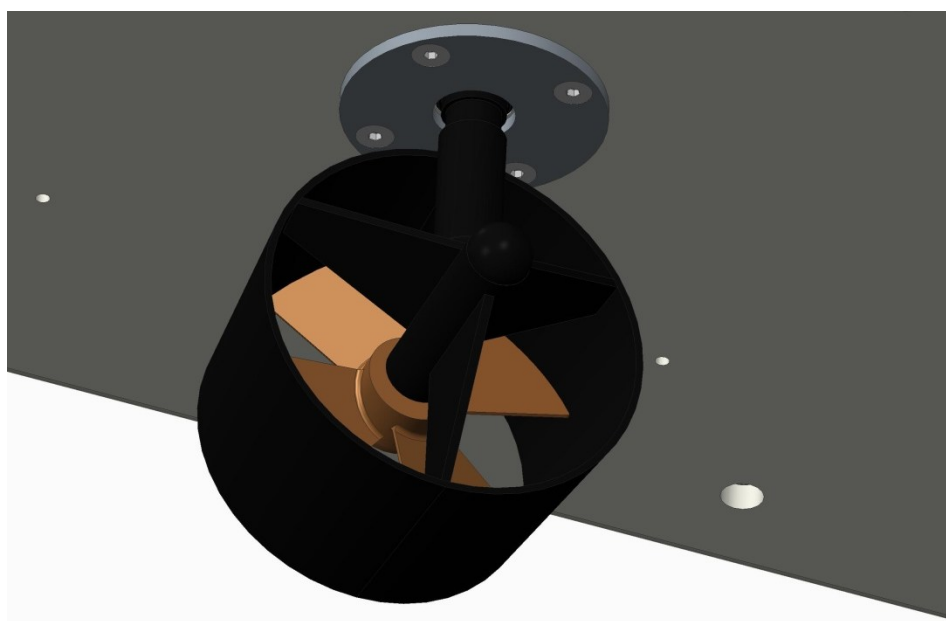
Pohon je vyroben z velmi stabilního plastu odolávajícímu vodnímu prostředí. Pomocný servomotor je umístěn na speciální konzoli. Servo dovoluje natáčení v rozmezí 180°, mechanicky však natáčení není nějak omezeno. Zpětný chod je realizován změnou směru otáčení motoru. Přenos krouticího momentu zajišťuje soustava několika ozubených kol. V oblasti otáčení samotného lodního šroubu je převodový poměr 1:1 a pro natáčení pak 2:1. Montáž se standardně provádí čtyřmi samořeznými šrouby. Zde jsem provedl konstrukční úpravu a pohon jsem přišrouboval k robotu pomocí příruby, šrouby se zápusťnou hlavou M3. Kromě mazání v oblasti hřídele (poz. 7) voděodolným mazivem a ložiska (poz. 9) skrze maznice, je pohon bezúdržbový.



Obr. 7.1

Jednotka otočného lodního šroubu (schottel drive)	
<b>Typ</b>	Schottelantrieb II
<b>Průměr lodního šroubu</b>	70 mm
<b>Výška</b>	155 mm
<b>Váha</b>	215 g
<b>Výrobce</b>	Graupner
<b>Cena</b>	119 € (2960 Kč)

Tab. 7.1 [14]



Obr. 7.2 – Způsob připevnění pohonné jednotky k robotu pomocí příruby

## 6.4 Motor

Výrobce doporučovaný motor k pohonu, je typ SPEED 900BB Torque 12V na obr. 7.3. Jedná se o stejnosměrný motor se jmenovitým napětím 12V, což odpovídá napětí bezpečnému, neboť robot se bude pohybovat v nepříznivém prostředí. Díky přírubě je motor snadno upevněn na robot, přes hliníkový L profil. Vibrace jsou tlumeny pryžovými

podložkami na straně šroubů i matic. Další parametry jsou uvedeny v tabulce 7. 2. Ostatní informace o produktu výrobce bohužel neuvádí.

SS motor SPEED 900 BB Torque 12 V	
<b>Provozní napětí</b>	6 - 40 V
<b>Průměr motoru</b>	51,5 mm
<b>Volný konec hřídele</b>	15 mm
<b>Délka motoru</b>	85 mm
<b>Hmotnost</b>	645 g
<b>Nejvyšší účinnost</b>	71 %
<b>Proud naprázdno</b>	1.1 A
<b>Spotřeba při max. Účinnosti</b>	8 A
<b>Otáčky naprázdno</b>	6500 ot / min
<b>Jmenovité napětí</b>	12 V
<b>Průměr hřídele</b>	6 mm
<b>Max. výkon</b>	96 W

Tab. 7.2 [15]



*Obr. 7.3 – Elektromotor SPEED 900 BB Torque 12 V*

Určení krouticího momentu potřebného k roztočení lodního šroubu na určitý počet otáček tak, aby se robot pohyboval požadovanou rychlostí je dosti složitý proces. Podle literatury je nezbytně nutné znát všechny parametry lodního šroubu např. úhel natočení lopatky, stoupání vrtule, tloušťky listů v různých průřezech apod. [19] [20] Takovéto údaje v mém případě výrobce neuvádí. Navíc je vše umocněno faktem, že lodní šroub se otáčí v dýze, což dělá postup výpočtu ještě komplikovanější.

Pro ověření funkčnosti je tedy zapotřebí zkonstruovat prototyp robotu a otestovat ho. Pomoc při navrhování by mohl poskytnout některý ze software (např. Fluent), program řešící úlohy z oblasti proudění.

## **6.5 Baterie a napájecí zařízení**

Při výběru zdroje pro robot musíme brát v úvahu maximální proud odebíraný motory, senzory a řídicí jednotkou. Jelikož není známa přesná spotřeba proudu, ta nebude konstantní a vše bude také zaležet na naprogramování celého systému, byla vybrána kapacita baterie pouze orientačně. Známé je pouze jmenovité napětí, to je 12V.

Lithium-polymerové (Li-Pol) akumulátory jsou poměrně nové druhy elektrochemických článků, které se úspěšně používají v mobilních telefonech, kamerách, fotoaparátech, noteboocích a dalších přenosných zařízeních. Tato technologie byla vyvinuta z Lithium - iontových článků. Jmenovité napětí jednoho článku je 3,6V. Výhodou těchto článků je jejich

prizmatický tvar (hranol), malá hmotnost, vysoká kapacita, velká výkonnost a velmi malé samovybíjení.

Uvažovaná kapacita akumulátoru by měla stačit zhruba na čtyři hodiny provozu robotu na jedno nabití. Nabíjení bude realizováno nabíječkou, která bude součástí vybavení robotu. V každém případě nabíječka musí splňovat podmínky nabíjecího proudu. Ten se pohybuje maximálně 7/10 A kapacity akumulátoru.



Obr. 7.4

Konektor pro nabíjení je vyveden na těle přístroje a chráněn před vodou gumovou zátkou. Napájecí zařízení (Obr. 7.5) bylo vybráno pro kapacitu 4.5 Ah, pro typ baterie na obr. 7.4. Jedná se o nabíječku kde proces nabíjení (vybíjení) řídí mikroprocesor. Nabíječka je také vybavena balancerem, který výrazně zvyšuje životnost akumulátorů. Vše je pro přehlednost uvedeno v tab. 7.3.



Specifikace napáječe NH120P300	
Vstup	100V - 240V 50Hz
Nabíjecí proud	0,1 - 5 A
Nabíjecí napětí	11 – 18 V
Rozměry	133 x 87 x 33 mm
Max. vybíjení / dobíjení	5/50 W
Váha	277 g
Cena	799 Kč

Tab. 7.3 [16]

## 6.6 Řídicí a senzorický systém

Důležitou částí řídicího systému je řídicí jednotka, která údaje získané ze senzorického subsystému musí zpracovat. Zpracování řízení není předmětem této práce, proto návrh vhodné řídicí jednotky není uveden. V návrhu robotu je však pro řídicí systém vyhrazeno místo na nosné desce.

Další významnou součástí navrženého robotu je senzorický systém. Hlavním úkolem senzorů je detekce stěn nádrže a určování polohy robotu v bazénu. Jako jedna z možností byla po konzultaci navržena varianta nasazení ultrazvukových senzorů. Tyto senzory mají velký dosah a vyrábí se v provedení s nerezovým pouzdem pro nasazení v těchto podmínkách. Ultrazvukový signál lze použít při detekci nemagnetických materiálů a nevadí jim mokrá povrch nebo dokonce vodní prostředí. Technické parametry ultrazvukového snímače s válcovou konstrukcí jsou uvedeny v tabulce 7.4.

Bylo navrženo osazení s pěti senzory. Senzor na čelní straně robotu by zajišťoval zpomalení robotu při jízdě směrem na stěnu, aby konstrukce nenarazila v plné rychlosti na

okraj nádrže. Další dva páry umístěné na bocích by měli za úkol udržovat robot rovnoběžně se stěnou bazénu. Senzor je zapuštěn do konstrukce, kvůli tomu aby nevyčníval z linie robotu. Připevněn do rámu je prostřednictvím dvou matic utažených proti sobě.



*Obr. 7.6 – Ultrazvukový senzor UM-18*



Označení	UM18-211126111
<b>Jmenovitá pracovní frekvence</b>	320 kHz
<b>Napájení</b>	10 – 30 V DC
<b>Materiál pouzdra</b>	Nerezová ocel
<b>Třída krytí</b>	IP 67
<b>Pracovní teplota</b>	-25 až 70 °C
<b>Připojení</b>	M12, 5 - pin
<b>Váha</b>	25 g
<b>Pracovní rozsah</b>	30 – 350 mm
<b>Výrovec</b>	Sick

Tab. 7.4 [17]

Další alternativou jak řídit proces sbírání nečistot na hladině je navrhnout řízení na principu bezdrátové komunikace mezi vysílači umístěnými někde na rozích nádrže. Na robot by se v tomto případě umístila přijímací anténa, prostřednictvím které by komunikoval s vysílači umístěnými mimo bazén. Algoritmus by byl nastaven tak, že robot by nejprve objel okraje nádrže a tím by si vymezil pracovní prostor.

Zmíněné návrhy jsou pouze některé z příkladů jak řídit robot na hladině a je pravděpodobné, že odborník v oblasti řízení bude řešit návrh jinak.

## 6.7 Servisní požadavky, pokyny pro používání

Robot nevyžaduje žádnou zvláštní údržbu. Kromě mazání pohonné jednotky jednou, až dvakrát za sezónu, mazivem odolným proti vodě. Vhodné je pravidelně vyprazdňovat filtrační koš od nashromážděných nečistot. Mohlo by totiž hrozit, že nečistoty biologického původu začnou zahnívat.

Přestože je robot napájen nízkým 12V stejnosměrným napětím, je v době jeho používání zakázáno v bazénu koupání.

## 6.8 Osazení robotu solárním panelem

Nasadit solární panel na robot, který pracuje v prostředí outdoor a nemá nějak velké nároky na spotřebu elektrické energie je logický krok. Výhody solárního panelu využívají některé servisní roboty určené pro pohyb po hladině např. robot Solar Breeze (kap. 2.5.1) nebo Seaswarm (kap. 2.6.1). V tomto případě se jedná o jednouchou konstrukční úpravu, solární panel se bude nacházet v horní části těla (rámu). Utěsnění kritických míst bude vyřešeno pryžovými segmenty. Nutné je také vyřešení těžiště robotu, jinak by se robot na hladině mohl naklopit. Největší předností tohoto řešení je bezesporu v nulových nákladech na provoz. Naproti tomu jsou zde vysoké pořizovací náklady. Účinnost těchto zařízení určuje intenzita slunečního záření a např. v tuzemských klimatických podmínkách je dosti snižena. Hlavním kritériem, které rozhoduje o tom, jak bude robot vybaven je, v jakých zeměpisných šířkách bude robot nasazován. Před případným uvedením produktu na trh předpokládám zkonstruování prototypu a ověření všech funkcí.

## 7 Ověření návrhu vybraných parametrů

### 7.1 Ponor robotu

Ponor bude hrát zásadní roli při procesu čištění robotu. Je nutné znát přesnou hodnotu ponoru, pro správné umístění sběrného koše resp. zpětné klapky. Při návrhu lze vycházet z principu Archimédova zákona, tedy že při plavání platí, že vztlaková síla se rovná síle tíhové.

$$F_{vz} = F_g \quad (8.1)$$

$$V_p \cdot \rho_k \cdot g = V \cdot \rho_t \cdot g \quad (8.2)$$

Kde

$V_p$  - objem tělesa ponořeného

$V$  - celkový objem tělesa

$\rho_k$  - hustota kapaliny

$\rho_t$  - hustota tělesa

Zjednodušením získáme vztah

$$V_p = V \frac{\rho_t}{\rho_k} = \frac{M}{\rho_k} \quad (8.3)$$

Ze vztahu 8.3 je vidět, že objem ponořený do vody je závislý na hmotnosti plavidla a hustotě kapaliny, na níž plave. Hustota kapaliny je dána stejně jako hmotnost robotu. Je tedy nutné zvyšovat objem ponořený do vody až do té míry, než bude na hranici, kterou si zvolíme.

Dáno:

- Hmotnost robotu –  $M=11,7$  kg

- Hustota kapaliny -  $\rho_k = 1000 \text{ kg/m}^3$

Hodnoty hmotnosti a objemu byly získány z modelu robotu vytvořeného v softwaru společnosti PTC, Creo.

Objem při uvažovaném ponoru 35mm

$$V_p = 0,0048 \text{ m}^3$$

$$V_p = \frac{M}{\rho_k} = \frac{11,7}{1000} = 0,0117 \text{ m}^3$$

Z výsledku plyne, že ponořený objem je větší než požadovaný a robot by se tak potopil daleko pod tuto mez. Následným zvyšováním meze ponoru a přidáváním materiálu, jenž bude robot nadnášet, bylo dosaženo těchto výsledků.

Uvažovaný ponor stanoven na 85 mm z této hranice vychází změřený objem

$$V_p = 0,01265 \text{ m}^3.$$

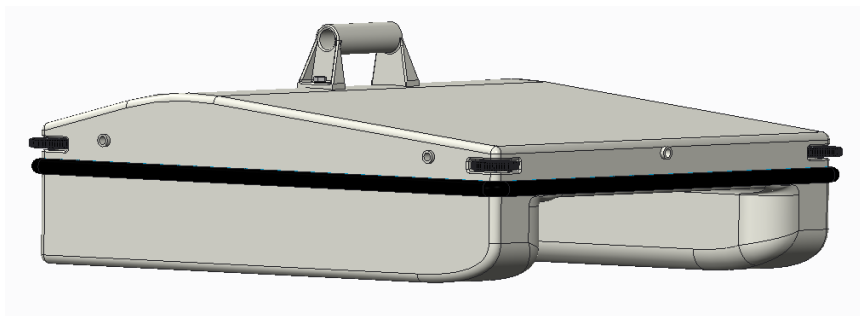
Důsledkem přidáváním materiálu vzrostla hmotnost na hodnotu  $M = 12,43 \text{ kg}$ .

$$V_p = \frac{M}{\rho_k} = \frac{12,4}{1000} = 0,01243 \text{ m}^3$$

Po úpravách vychází objem požadovaného ponoru v souladu s navrhovaným. Na obrázcích 8.1 a 8.2 je vidět jak se změnily rozměry pontonů.



*Obr. 8.1 – Pontony robotu před úpravami*



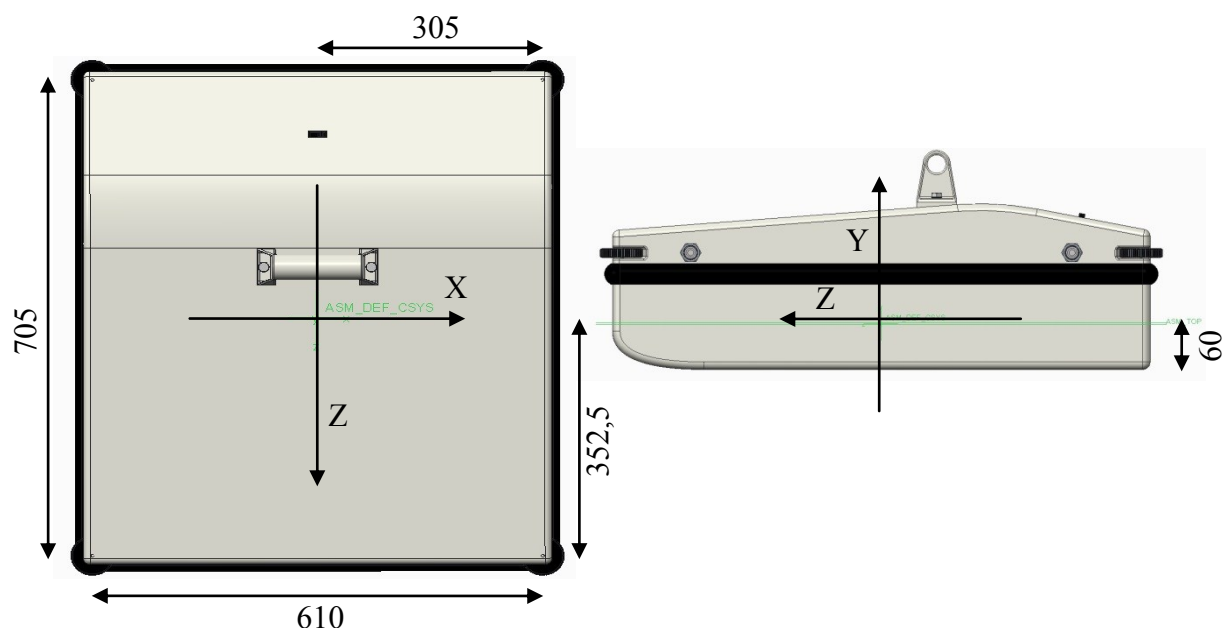
*Obr. 8.2 - Pontony robotu po úpravách*

## 7.2 Určení těžiště

Znát polohu těžiště je podstatným parametrem pro správnou funkčnost robotu. Ideální poloha je taková, že hladina vody je rovnoběžně se dnem spodní části robotu. Robot nesmí být příliš nakloněn, jinak by hrozilo, že sběr nečistot nebude probíhat správně. Poloha zpětné klapky musí být v takové poloze, která zajišťuje nevyplavení obsahu sběrného koše zpět do vody. Naproti tomu musí být propulsní zařízení vždy dostatečně ponořeno pod hladinou. Nutno však počítat se silou od lodního šroubu, která se bude snažit překloupit robot ve směru jeho jízdy a zvednout přední část. To by se mohlo podepsat na správné funkci klapky.

Kontrola těžiště je řešena v prostředí softwaru Creo.

Centrální souřadný systém, od kterého určuje software hodnoty těžiště, se nachází ve středu obdélníkového průmětu robotu do roviny XZ. Výška se nachází v úrovni 60 mm od spodní části robotu. viz. obr. 8.3 (šipky označují kladný směr os).



Obr. 8.3 – Poloha centrálního souřadného systému

Z hlediska naklápění robotu do stran je důležitá především rovina YZ. Polohu těžiště v rovině YZ lze snadno měnit polohováním akumulátorů v pontonech dopředu nebo dozadu.

Poloha těžiště	
<b>Osa X</b>	0,064 mm
<b>Osa Y</b>	4,49 mm
<b>Osa Z</b>	-1,198 mm

Tab. 8.1

Z tabulky 8.1 lze usoudit, že hodnoty se pohybují jen velmi málo od středu konstrukce. Robot by měl proto udržovat dno rovnoběžně s hladinou vody.

## 8 Ekonomické zhodnocení

Ceny některých součástí jsou jasně dané, ale daly by se snížit, kdyby se uvažovalo o větším množství odběru při sériové výrobě. Většina komponent je nakupována ze zahraničních trhů a tak je i cena závislá na aktuálním kurzu měny. Přehled nakupovaných komponent je uveden v tabulce 8.1. Odhad celkové ceny konstrukce je velmi obtížný. Především co se týká plastových součástí robotu, kdy rozhodující bude způsob použité technologie. Obtížné je také určit cenu za nákup a naprogramování řídicí jednotky a v neposlední řadě také montáž. Proto je nutné brát celkovou cenu s rezervou. Cenový odhad těchto součástí je zpracován v tabulce 8.2.

### Ceny nakupovaných součástí

Komponenta	Cena [Kč]
Jednotka otočného lodního šroubu	3049
Elektromotor	1237
Kardany	229
Akumulátory	5828
Nabíječka	391
Těsnící profilovaná pryž	422
Hliníkový L profil	154

Tab. 8.1

### Ceny odhadovaných součástí

Komponenta	Cena [Kč]
Plastové díly	4500
Řídicí jednotka včetně senzorického vybavení	5500
Spojovací materiál (šrouby, matice, podložky)	300
Montáž a další výrobní náklady	1000

Tab. 8.2

Celková odhadovaná cena: **22 610 Kč**

Celková cena je dosti vysoká a vyšplhala se i nad úroveň stanovenou v požadavcích. Velký nárůst ceny způsobil především nákup akumulátorů a vůbec největší podíl budou mít na ceně plastové díly a naprogramování a nákup řídicí jednotky a senzorického vybavení. U nakupovaných částí by se dala cena ještě ovlivnit počtem odebíraných kusů od výrobce.



## 9 Závěr a zhodnocení dosažených výsledků

Dle zadání byla vypracována analýza za účelem získání dostatečného množství informací pro návrh plavajícího bazénového robotu. Analýza přinesla zajímavé a podnětné poznatky. Především se v ní ukázalo, že plavajících robotů pro sbírání nečistot na hladině vody je na trhu nedostatek. Bylo proto nutné vyhledávat poznatky i oblastech zabývajících se plovoucími roboty na odstraňování ropných skvrn. Na základě získaných informací byl sestaven požadavkový list. Snahou bylo vytvořit jednoduchý kompaktní servisní robot, který by splňoval vše, co bylo uvedeno v požadavcích. S těmito požadavky byly navrženy tři varianty řešení, které se lišily použitým druhem pohonu. Jednotlivé varianty byly popsány a vyzdvíženy jejich přednosti a nedostatky. Tyto tři varianty podlehly hodnotové analýze spočívající v nadefinování jednotlivých kritérií a následnému bodovému hodnocení. Po srovnání posuzovaných kritérií vyvstala nejlepší varianta. Tou se ukázalo řešení s nasazením jednotky otočného lodního šroubu. Dále byla tato varianta detailně rozpracovávána.

Následovalo navržení elektromotoru a jeho připevnění na robot. Výběr motoru byl ulehčen doporučením výrobce konkrétního typu. Problém s upevněním na robot byl realizován přišroubováním pomocí standardního hliníkového L profilu. Vibrace jsou kompenzovány pryžovými podložkami na straně šroubů i matic. Spojení obou konců hřídelů bylo vyřešeno kardanovými spojkami s prostředním prodlužovacím členem tak, aby byl kompenzován výškový rozdíl.

Pro určení krouticího momentu na lopatky lodního šroubu bylo mimo jiné zapotřebí znát celou řadu údajů, které u daného pohonu nejsou k dispozici. Navržení konkrétních akumulátorů a napáječe pro ně je proto provedeno pouze orientačně. Jak konstrukce, tak funkčnost je nutné ověřit zkonstruováním prototypu.

Následovala část práce, kdy byly zdokonalovány tvary plastových částí robotu. Zpevnění v oblasti pontonů žebrováním, řešení nosné desky spojující oba pontony, způsob připevnění pomocného madla na robot.

U robotu pohybujícím se převážně na vodní hladině bylo nutné zajistit dokonalou těsnost a odolnost proti bazénové chemii. Proto jsou veškeré spojovací prvky zhotoveny z nerezové oceli nebo plastu. Ostatní prvky jsou vyrobeny z technických plastů nebo pryže.

Těsnost byla zajišťována vždy pomocí podložek z pryže nebo fibru. Hlavním těsnícím prvkem je profilovaná pryž, která je mezi oběma hlavními díly těla robotu.

V části práce věnované návrhům vybraných částí se zabývalo ověřením některých konstrukčních uzlů. Podařilo se vypočítat a správně navrhnout (za pomoci softwaru Creo) ponor robotu tak, aby se hladina vody pohybovala v požadované výšce. Dále bylo v tomto programu navrženo uspořádání komponent tak, že těžiště robotu je uprostřed konstrukce a robot se na hladině nenaklápí.

Práci lze jistě dále dořešit v oblasti naprogramování řízení pohybu po bazénu a čistícího cyklu. Pro odměřování polohy robotu od stěn bazénu byly použity ultrazvukové senzory. Byly navrženy některé další možnosti způsobu řešení určování polohy robotu v bazénu. Nelze však s jistotou určit zda budou tyto senzory nejlepší volbou a budou řídicí jednotce podávat kvalitní informace. Prostor pro řídicí jednotku i případné změny v oblasti senzorů je na konstrukci dostatek.

Parametry čistícího robotu	
<b>Rozměry</b>	610 x 705 x 301 mm
<b>Šířka záběru</b>	390 mm
<b>Objem sběrného koše</b>	6,5 l
<b>Provozní rychlost</b>	0,5 m/s
<b>Hmotnost</b>	12,49 kg
<b>Odhadovaná cena</b>	22 610 Kč

*Tab. 9.1*

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Milanu Miholovi Ph.D. za rady a podněty k práci při konzultacích, které mi pomohly zkvalitnit tuto práci. Za veškerou podporu při studiu bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni Kateřině.

## 10 Seznam použitých zdrojů

### Internetové zdroje

- [1] *Zahradní bazény* [online]. 2011 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.bazeny.blogger.cz/>
- [2] *POPP spol. s r. o.: Svařování* [online]. 2011 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.bazenypopp.cz/svarovani>
- [3] *TP Plus CL s r. o.: Desinfekce a čištění bazénu* [online]. 2007 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.bazeny-lt.cz/sortiment/desinfekce-a-cisteni-bazenu/filtrace-pro-bazeny.html>
- [4] JEZÍRKA BRNO. *Filtrace pro jezírka* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.jezirka-brno.cz/filtry-c-27-k-11.html>
- [5] BAZENYSHOP.CZ. *Kartušová filtrace* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.bazenymshop.cz/kartusova-filtrace/>
- [6] BAZÉNY.IT. *Bazénový UV sterilizátor* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.bazeny.it/bazenovy-uv-sterilizator.html>
- [7] ROBOTICKÉ VYSAVAČE. *VYSAVAČE DO BAZÉNŮ* [online]. 2010 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://robo-vysavace.webnode.cz/vysavace-do-bazenu/>
- [8] ROBOTICKÝ VYSAVAČ. *Bazénový vysavač* [online]. 2010 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://roboticke-vysavace.cz/dalsi-pomocnici>
- [9] SOLAR-BREZE ROBOTIC FLOATING POOL SKIMMER. *Swimming Pool Skimmers* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.solar-breeze.com/>
- [10] SMARTHOME. *Dunn-Rite Pool JN06* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.smarthome.com/32092/Dunn-Rite-Pool-JN06-Jet-Net-Remote-Control-Pool-Skimmer/p.aspx> <http://senseable.mit.edu/seaswarm/>

- [11] LAMOR. [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.lamor.com/>
- [12] DŮM A BYT. *Bazény lákají ke koupání i tvarem* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: [http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/bydlime/bazeny-lakaji-ke-koupani-i-tvarem\\_20341.html](http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/bydlime/bazeny-lakaji-ke-koupani-i-tvarem_20341.html)
- [13] GRAUPNER. [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.graupner.de/de/>
- [14] GRAUPNER. [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: <http://www.graupner.de/de/products/6373/product.aspx>
- [15] HOBBY KING R/C HOBBY STORE. [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: [http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_\\_17663\\_\\_Turnigy\\_nano\\_tech\\_4500mah\\_10S\\_45\\_90C\\_Lipo\\_Pack.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__17663__Turnigy_nano_tech_4500mah_10S_45_90C_Lipo_Pack.html)
- [16] HOBBY KING R/C HOBBY STORE. [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: [http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_\\_5548\\_\\_IMAX\\_B6\\_Charger\\_Discharger\\_1\\_6\\_Cells\\_GENUINE\\_.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__5548__IMAX_B6_Charger_Discharger_1_6_Cells_GENUINE_.html)

## **Tištěné zdroje**

- [17] Skařupa, Jiří. *Metodika konstruování*. Ostrava : Skripta VŠB Ostrava, 1993. ISBN 80-7078-167-X .
- [18] Syrovátko, Jiří. *Modely lodí RC plovoucí makety*. Brno ; Computer Press, 2003. ISBN 80-251-0103-7
- [19] Pícek, Josef. *Lodě a lodní zařízení II*. Praha ; Nadas, 1987. UD-31-075-86-05-101
- [20] GREGUŠ, P. *Návrh robotu pro čištění bazénů a nádrží*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, FS, 2010, 99 s.

- [21] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2005. 921 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [22] KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. VŠB-TU, Ostrava: 2004, 144 s. ISBN 80-248-0626-6.

## Seznam zdrojů použitých obrázků

- Obr. 1 <http://www.hydroservis.cz/data/image/Familypool.jpg>
- Obr. 2 <http://www.hplast.cz/images/user/bazeny01.jpg>
- Obr. 3 <http://www.izop.eu/images/p6150003.jpg>
- Obr. 4 <http://www.az-bazeny.cz/obrazky/foliove.jpg>
- Obr. 5 [http://www.s-bazeny.cz/sites/default/files/uploads/images/bazen\\_sklolaminatovy\\_26.preview.jpg](http://www.s-bazeny.cz/sites/default/files/uploads/images/bazen_sklolaminatovy_26.preview.jpg)
- Obr. 6 <http://www.bazeny-dvorak.cz/img/keramicky-montaz.jpg>
- Obr. 7 <http://www.swimbazeny.cz/upload/1415-140232.jpg>
- Obr. 8 [http://www.dumabyt.cz/obrazek/clanek20341/zakladnitypy\\_hires.15\\_200x221.jpg](http://www.dumabyt.cz/obrazek/clanek20341/zakladnitypy_hires.15_200x221.jpg)
- Obr. 9 <http://www.mountfield.cz/cs/stranky/filtrace/schema.jpg>
- Obr. 10 [http://www.eshop-bazeny.cz/public/Image/sekce-data-525/filtrace\\_kit.jpg](http://www.eshop-bazeny.cz/public/Image/sekce-data-525/filtrace_kit.jpg)
- Obr. 11 [http://www.poolcenter.com/\\_derived/parts\\_skimmer\\_hayward\\_sp1085.htm\\_txt\\_50\\_hayward\\_skimmer\\_sp1082.gif](http://www.poolcenter.com/_derived/parts_skimmer_hayward_sp1085.htm_txt_50_hayward_skimmer_sp1082.gif)
- Obr. 12 [http://www.bazenypopp.cz/images/bazeny/skimmer/b\\_1.jpg](http://www.bazenypopp.cz/images/bazeny/skimmer/b_1.jpg)
- Obr. 13 <http://www.bazeny.it/files/lobr/filtrace-3028-l-V.jpg>
- Obr. 14 [http://www.bazeny.it/files/lobr/Bazenovy\\_UV\\_sterilizator\\_V.jpg](http://www.bazeny.it/files/lobr/Bazenovy_UV_sterilizator_V.jpg)
- Obr. 15 <http://www.ebazeny.cz/uploads/picture/9/9ccd205a789191a55b19ad1dbb492595.jpg>
- Obr. 16 [http://www.vagnerpool.com/web/data/produkty/1527500306.jpg\\_7.tbl](http://www.vagnerpool.com/web/data/produkty/1527500306.jpg_7.tbl)
- Obr. 17 <http://www.ebazeny.cz/uploads/picture/2/2c1d056ff700c5b49146bbf8fb4d276f.jpg>

- Obr. 18 <http://www.bazeny3000.cz/data/obrazky/sortiment/60693-robot-vortex-3-zodiac-automatically-vysavac.jpg>
- Obr. 19 <http://www.techlemming.com/wp-content/uploads/2007/05/irobot-verro-300-pool-cleaning-1.jpg>
- Obr. 20 <http://i-cdn.apartmenttherapy.com/uimages/unplgdd/072209SolarBreeze-skimmer01.jpg>
- Obr. 21 <http://cn1.kaboodle.com/img/b/0/0/162/0/AAAAC1peR8kAAAAAAWIC9g/jet-net-rc-leaf-and-bag-swimming-pool-boat-skimmer.jpg?v=1308292724000>
- Obr. 22 <http://www.smarthome.com/manuals/32092.pdf>
- Obr. 23 [http://fablab.cba.mit.edu/classes/MIT/863.10/people/phil.salesses/wp-content/gallery/sea-swarm/seaswarm\\_prototype\\_3\\_large.jpg](http://fablab.cba.mit.edu/classes/MIT/863.10/people/phil.salesses/wp-content/gallery/sea-swarm/seaswarm_prototype_3_large.jpg)
- Obr. 24 <http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-minimax-12/Minimax%2012W-157.jpg>
- Obr. 25 <http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-minimax-12/CONTINGENCIA%20OCP%20145.JPG>
- Obr. 26 [http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-free-floating-skimmer-lff-100/2008%2002%2025%20LFF100%20flow%20test%20Tolkis\\_16.JPG](http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-free-floating-skimmer-lff-100/2008%2002%2025%20LFF100%20flow%20test%20Tolkis_16.JPG)
- Obr. 27 <http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-free-floating-skimmer-lff-100/CIMG3517.JPG>
- Obr. 28 <http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-jbf-dynamic-inclined-plane-dip-skimmers/Ohmsette%20Dip%20400-3.jpg>
- Obr. 29 [http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-jbf-dynamic-inclined-plane-dip-skimmers/US%20Slick%201.1\\_272.jpg](http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-jbf-dynamic-inclined-plane-dip-skimmers/US%20Slick%201.1_272.jpg)
- Obr. 30 <http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-brush-adapter-quattro-lba-q/PB224690.jpg>
- Obr. 31 <http://www.lamor.com/wp-content/gallery/lamor-brush-adapter-quattro-lba-q/1109%20Lamor%20LBA%20Quattro%20Oil%201.JPG>
- Obr. 4.7 <http://www.graupner.de/de/products/b5d08e81-ce25-4ebd-9370-6193af870648/2347/product.aspx?tab=downloads>

Obr. 7.1

[http://www.graupner.de/mediaroot/files/2335\\_Schottelantrieb\\_II\\_de.pdf](http://www.graupner.de/mediaroot/files/2335_Schottelantrieb_II_de.pdf)

Obr. 7.3 <http://www.graupner.de/de/products/6373/product.aspx>

Obr. 7.4

<http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/catalog/N4500.10S.45.jpg>

Obr. 7.5 <http://www.alfacomp.cz/ezbozi/3/73727/26643as.jpg>

Obr. 7.6

<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=FinderSearch&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&FamilyID=404&Category=Produktfinder&Selections=49142>

## 11 Seznam příloh

### Výkresová dokumentace

- Sestavný výkres robotu

### Přiložené CD

- Sestavný výkres robotu (formát PDF)
- Sestavný výkres uložení motoru (formát PDF)
- Konstrukční model robotu (Creo)
- Bakalářská práce ve formátu (formát PDF)
- Kopie zadání diplomové práce (formát PDF)